# Justus von Liebig
# Chemische Briefe

Wissenschaftliche Volksbücher

22101678653

Med
K1182

Digitized by the Internet Archive
in 2016

https://archive.org/details/b28134527

# Wissenschaftliche Volksbücher für Schule und Haus

Herausgegeben von Fritz Gansberg

1913
Hamburg und Berlin
Alfred Janssen

# Chemische Briefe

von Justus von Liebig

Ausgewählt von Adolf Gerlach

Mit 8 Bildern

1913
Hamburg und Berlin
Alfred Janssen

31368

Coll.
No.

Druck von der Spamerschen Buchdruckerei
in Leipzig

# Vorwort

Justus Liebig wurde am 14. Mai 1803 in Darmstadt als Sohn eines Drogen- und Materialwarenhändlers geboren. Liebig gehört zu den großen Männern, die sich durch geistige Frühreife auszeichneten. Er trat zwei Jahre vor dem üblichen Alter in das Gymnasium ein, doch sagte ihm das Studium der Sprachen durchaus nicht zu. Seine Neigung und damit auch seine Gedanken waren schon früh ganz bei der Wissenschaft, die später sein Leben ausfüllte, der Chemie. Als einst sein Lehrer die ungeduldige Frage an ihn richtete: was denn eigentlich aus ihm werden solle, antwortete er, ohne sich zu besinnen: „Ein Chemiker". Das war aber in damaliger Zeit etwas ganz Unerhörtes, gab es in Deutschland doch überhaupt noch kein wissenschaftliches Laboratorium für Chemie. Die Ursache dafür, daß sein Forschungstrieb ihn schon so früh in die Richtung auf die Chemie hindrängte, lag wohl in dem Berufe des Vaters, der sich manche seiner Verkaufsgegenstände selber in einem kleinen Laboratorium herstellte, wobei ihm dann sein Sohn Justus helfen mußte; doch mag auch die Erlaubnis des Bibliothekars der Großherzoglichen Schloßbiblio-

thek, durch die dem erst 14 Jahre alten Liebig die Benutzung der gesamten, sehr umfangreichen chemischen Bücherssammlung völlig freigestellt wurde, von großer Bedeutung für seine spätere Berufswahl geworden sein.

Ohne sein Abiturium gemacht zu haben, kam dann Liebig, der nur allzulange „eine Schmach der Anstalt“ gewesen war, als etwa Sechzehnjähriger auf die Universität Bonn, wo er Chemie studierte. Nach drei Jahren reiste er dann mit Hilfe eines besonderen Stipendiums nach Paris, weil dort zu jener Zeit die Wissenschaft der Chemie in höchster Blüte stand. Schon im nächsten Jahre hielt er vor der französischen Akademie einen Vortrag über die chemische Natur der Knallsäure. Außer dem Beifall der Zuhörer und der Ehre, seine Arbeit in die „Abhandlungen der auswärtigen Gelehrten“ aufgenommen und mehrfach auch in deutscher Sprache veröffentlicht zu sehen, hatte Liebig aber auch noch den Erfolg, das Interesse Alexander von Humboldts für sich zu erwecken. Dieser griff mit sehr glücklicher Hand zweimal in das Lebensgeschick Liebigs ein. Zunächst verschaffte er ihm den Zutritt in das Privatlaboratorium seines Freundes Gay Lussac, und dann verwandte er sich dafür, daß für Liebig, der erst im Alter von 21 Jahren stand und eine „gänzlich unregelmäßige Vorbildung“ hatte, in Gießen eine außerordentliche Chemieprofessur eingerichtet wurde.

Liebig hat das in ihn gesetzte Vertrauen im Übermaß gerechtfertigt. Vor ihm war Gießen als Uni-

versität ohne Bedeutung. Liebig verschaffte ihr in den achtundzwanzig Jahren seines Aufenthalts daselbst Weltruf; mit seiner Übersiedelung nach München aber verlor sie diese Bedeutung wieder. Die Erfolge von Liebigs Unterrichtstätigkeit, sagt Ostwald, übertrafen alles, was bis dahin erlebt worden war, und sind auch inzwischen nicht wieder erreicht worden. Man sagt nicht zu viel, wenn man behauptet, daß Liebig während dieser Zeit die ganze Kulturwelt mit chemischen Professoren versorgt hat. Die Gründe für das ganz außergewöhnliche Maß von Ansehen, das Liebig als Lehrer genoß, lagen in seiner bestrickenden Persönlichkeit, seinem Organisationstalent, seiner ungeheuren Arbeitskraft, in der Fähigkeit, sich in die Gedanken der Schüler einzuleben und sie zu selbständigem Denken und Forschen anzuleiten und nicht zuletzt auch darin, daß es ihm ein unwiderstehliches Bedürfnis war, die Fülle seiner Gedanken und Arbeitspläne auf eine möglichst große Schar von Mitarbeitern zu übertragen. Dabei waren aber seine äußeren Hilfsmittel namentlich im Anfange außerordentlich bescheiden; mußte er sich doch damit zufriedengeben, daß ihm als Laboratorium ein ehemaliges Wachtlokal angewiesen wurde, das er nur allmählich und gegen manchen Widerstand ausbauen und vollkommener einrichten konnte. Und doch sind in diesem „Wachtlokal" unendlich viele grundlegende Untersuchungen, insbesondere über die Natur der organischen Stoffe, mit bewundernswürdiger Genauigkeit angestellt worden. Liebig selber hat ja auch die Ele-

mentaranalyse ganz wesentlich vereinfacht. Während von einem französischen Forscher jener Zeit noch berichtet wird, daß er zur Analyse eines einzigen Fettes Wochen, ja Monate gebrauchte, bedurfte es bei der Verwendung des Liebigschen sogenannten Fünfkugelapparates nur noch je zweier Wägungen, um sowohl das Wasser als auch die Kohlensäure, die bei der vollständigen Verbrennung organischer Körper entstehen, dem Gewichte nach festzustellen.

Liebig blieb aber nicht bei der Analyse der organischen Körper und der Verwertung der gefundenen Gesetze für die Wissenschaft der Chemie stehen, sondern brachte seine Erfolge in engste Beziehung zu der Physiologie und dem praktischen Leben, insbesondere der Landwirtschaft. Seine Verdienste bei diesem Unternehmen zeigen dem Laien am besten die „Chemischen Briefe", die in dem fünften und sechsten Jahrzehnt des vorigen Jahrhunderts entstanden sind. Sie sind kein trockenes Lehrbuch der Chemie, sondern lebensvolle Naturbetrachtungen eines großen Mannes, dessen Forschungsgebiet die Chemie war. In sprachlich glänzender Weise sind darin die bedeutsamen Zusammenhänge der modernen Chemie mit der früheren Alchemie, mit den übrigen Wissenschaften und dem Leben dargestellt.

Im Herbst des Jahres 1852 siedelte Liebig nach München über und hat dort in der Hauptsache literarischen Arbeiten gelebt. Dort ist er auch, noch nicht ganz siebzig Jahre alt, nach kurzer Krankheit gestorben.

Viele Ehrungen sind Liebig zu Lebzeiten und nach seinem Tode zuteil geworden, aber nichts zeigt seine Bedeutung besser als das Aufblühen der chemischen Wissenschaft in seinem Vaterlande, das er eingeleitet hat.

Bremen, den 7. Mai 1913 A. Gerlach

# Allgemeine Betrachtungen über die Naturwissenschaften

Seit Jahrtausenden beschäftigt man sich mit der Erklärung der Naturerscheinungen, aber die Erklärung der philosophischen Schulen, von Aristoteles an bis auf die heutige Zeit, haben mit den unsrigen nichts mehr gemein.

Die Ursache des Falls eines Körpers, sagt Aristoteles, ist die Schwere; die Schwere ist aber das in dem Körper liegende Streben zur Bewegung abwärts (das Streben zu fallen). Ein Stein fällt, weil er schwer ist, d. h. weil er ein Bestreben hat, sich abwärts zu bewegen, d. h. weil er fällt. Das Opium bringt Schlaf hervor, weil es ein Körper ist, dem eine schlafmachende Eigenschaft zukommt, d. h. weil es Schlaf macht. Die ätzenden Eigenschaften des gebrannten Kalks rühren von einem Ding Kaustikum her. Der saure Geschmack der Säuren beruht auf dem Gehalt von Acidum universale.

Dem, was man sah in der Wirkung, unterlegte man ein Wort und dieses Wort nannte man die Ursache, und erklärte die Wirkung damit. Ein Ding gab dem Gold die Farbe, ein Ding gab ihm Unveränderlichkeit. Man suchte dem Queckſilber, um es in Silber zu verwandeln, das Ding zu entziehen, was es flüssig

machte. Ein Ding machte die Körper hart, ein Ding (der Spiritus rector) gab den Körpern ihren Geruch, ein Ding, Phlogiston, war die Urſache der Brennbarkeit.

Indem man die unzähligen Wirkungen, die man wahrnahm, ebenſovielen verborgenen Eigenſchaften oder Dingen zuſchrieb, war der Erforſchung der eigentlichen Urſache ein Ziel geſetzt; man wußte ja alles, worauf es ankam.

Die Rolle der Erklärungen ſpielte ein Wort, die Rolle der Wahrheit nahm der blinde Glaube, ein gedankenloſes Nachbeten ganz unbewieſener Anſichten ein. Es nötigen uns zwar Verſtand und Erfahrung an die Wahrheit einer Menge Ereigniſſe zu glauben, die wir nicht erlebt haben, an eine Menge Tatſachen, die von andern aufgefunden und niemals von uns beobachtet worden ſind. Wir glauben in der Tat an alle Vorgänge, Ereigniſſe und Tatſachen, welche von glaubwürdigen Perſonen behauptet werden, wenn ſie bekannten Naturgeſetzen nicht widerſprechen oder wenn ihre Wirkungen in irgendeiner Weiſe oder zu irgendeiner Zeit von uns oder von andern glaubwürdigen Perſonen bemerkbar geworden ſind. Wir glauben an die Exiſtenz von Julius Cäſar, den wir nicht geſehen haben, nicht bloß deshalb, weil ihn ſeine Zeitgenoſſen geſehen haben, ſondern weil ſeine Exiſtenz durch Ereigniſſe feſtgeſtellt iſt, deren Wirkungen in der Geſchichte der Menſchheit noch Jahrhunderte nach ihm wahrgenommen wurden. Wir glauben aber nicht an Geſpenſter, obwohl Tauſende

von Menschen Gespenster gesehen haben, weil wir aus der Lehre vom Lichte wissen, daß selbst die körperliche Materie von einem gewissen Grade von Feinheit, wie die atmosphärische Luft z. B., nicht mehr gesehen werden kann, und weil einem körperlosen Wesen die Eigenschaft Licht zu reflektieren, die Hauptbedingung, um gesehen zu werden, nicht mehr zukommt. Der Glaube, welcher Gespenster sieht, dieser Glaube gehört der Wissenschaft nicht an; er ist des Wissens schlimmster Feind, denn das Wissen ist dieses Glaubens Tod.

Die Erklärungen der heutigen Naturforscher sind von denen der früheren Zeit unendlich verschieden; die jetzige Naturforschung legt auf die scharfsinnigsten Erfindungen des Geistes kein Gewicht; sie betrachtet als ihre Aufgabe eine Erkenntnis, welche nur erworben wird durch unermüdliche Arbeit und Anstrengung.

Wenn der Naturforscher unserer Zeit eine Naturerscheinung, das Brennen eines Lichtes, das Wachsen einer Pflanze, das Gefrieren des Wassers, das Bleichen einer Farbe, das Rosten des Eisens erklären will, so stellt er die Frage nicht an sich selbst, an seinen Geist, sondern an die Erscheinung, an den Zustand selbst.

Der heutige Naturforscher, wenn er eine Erscheinung erklären will, fragt, was geht dieser Erscheinung voraus, was ist es, was darauf folgt? Was vorausgeht, nennt er Ursache oder Bedingung, was ihr folgt, nennt er Wirkung oder Effekt.

Dem Wachsen einer Pflanze geht voraus ein Keim, ein Samenkorn, es setzt voraus einen Boden; ohne die Atmosphäre, ohne Feuchtigkeit wächst die Pflanze nicht.

Boden, Atmosphäre sind nicht Bedingungen an sich; es gibt Kalkboden, Thonboden, Sandboden, ganz verschieden voneinander in ihrer Beschaffenheit und Mischung. Das Wort Boden ist, wie Sie sehen, ein Sammelname für eine ganze Anzahl von Bedingungen; der fruchtbare Boden enthält sie in dem für die Pflanzenernährung richtigen Verhältnis, in dem unfruchtbaren Boden fehlen einige oder alle diese Bedingungen. Um die Wirkung, die Fruchtbarkeit hervorzubringen, müssen alle zusammen sein.

In gleicher Weise umfaßt das Wort Atmosphäre eine Mehrheit von Bedingungen. Der Naturforscher fragt, welches sind diese Bedingungen, und indem er beweist und zeigt, welchen Anteil im einzelnen und besonderen gewisse Bestandteile des Bodens, der Atmosphäre und des Wassers an dem Wachsen der Pflanzen nehmen, so erklärt er das Wachsen, wie die Pflanze an Masse zunimmt, so weit es für den Verstand erklärlich ist.

Wenn der Schmied eine Eisenstange in seiner Esse weißglühend macht und dann herauszieht, so bedeckt sie sich unter Funkensprühen mit einer schwarzen porösen Kruste, die beim Schlagen mit dem Hammer als Hammerschlag abspringt. Das Eisen verbrennt. Unter ähnlichen Bedingungen verbrennt Öl in unseren Lampen mit leuchtender Flamme. Der Naturforscher fragt, was

geht dem Verbrennen des Eisens, des Öls voraus, was ist es, was darauf folgt? Was sind die Bedingungen, was das Resultat ihrer Verbrennung? Dem Verbrennen des Eisens, des Öls, geht voraus das Eisen, das Öl, die Luft und eine höhere Temperatur. Was ist das Eisen, was ist das Öl? Es gibt eine Menge Öle. Das Wort Öl ist ein Sammelname für gewisse Pflanzen- oder Tierstoffe, worin sich drei ihrer Natur nach ganz verschiedene Bestandteile befinden. Von der Atmosphäre nimmt nur ein Bestandteil an der Verbrennung teil.

Das Eisen nimmt, indem es verbrennt, an Gewicht zu, die Luft, in der es verbraunt wird, nimmt um ebensoviel an Gewicht ab; die Luft, in welcher das Öl verbrennt, wird um das Gewicht des verbrannten Öls schwerer.

Die Folge des Verbrennens des Eisens und des Öls ist hiernach klar; das verbraunte Eisen ist Eisen, welches einen Bestandteil der Luft in sich aufgenommen hat; das verbrannte Öl ist Luft, welche die Bestandteile des Öls in sich aufgenommen hat. Eine Licht- und Wärmeentwickelung (Fenererscheinung) begleitete den Übergang des Luftbestandteils zum Eisen und den Übergang der Ölbestandteile in Luft. Ein Hauptteil der Erscheinung der Verbrennung ist hiermit erklärt, und indem der Naturforscher weitere Fragen stellt, woher die Wärme und das Licht bei der Verbrennung kommen, warum das Eisen nicht fortbrennt, während das Öl in der Lampe fortbrennt, warum das Eisen mit Funkensprühen, das Öl mit

Flamme brennt, und diese Fragen in ganz ähnlicher Weise löst, erklärt er die Erscheinung in ihren Teilen.

Der heutige Naturforscher erklärt, indem er die Ursachen aufsucht, welche der Erscheinung vorhergegangen sind: die sinnlich wahrnehmbaren Ursachen nennt er Bedingungen; die Ursachen, welche durch die Sinne nicht weiter wahrgenommen werden, nennt er Kräfte.

Nach dieser Methode ist die Ursache des Schnupfens nicht die Entzündung der Schleimhaut der Nase, denn dies ist nur eine Erklärung des Wortes Schnupfen; die Erklärung des Fiebers umfaßt in ihrem Sinne nicht ein Bild, eine Beschreibung des Fieberzustandes oder der Fiebersymptome, sondern man will wissen, was dem Fieberzustande vorausgegangen ist und was ihn fortdauernd macht.

Wenn die Ursachen einer Erscheinung unbekannt oder unerforscht sind, so läßt der Naturforscher die Frage offen. Wenn er Eisen im Blute, Kalk in den Knochen der Tiere findet, ohne zu wissen, woher sie kommen, so sagt er nicht, sie seien durch den Lebensprozeß erzeugt; wenn er den Ursprung mikroskopischer Tiere, wo sie hergekommen, nicht darzulegen vermag, so sagt er nicht, sie seien von selbst entstanden. Diese Art von Schlüssen oder Erklärungen hält er für Selbstbetrug oder für Verschleierung der Unwissenheit: weil Erklären klarmachen heißt, wozu Licht oder Einsicht gehört, und weil auf der vollkommensten Unbekanntschaft mit einem Vorgang eine Erklärung dieses Vorganges nicht beruhen kann.

Die Ermittelung der Bedingungen einer Erscheinung ist das erste und nächste Erfordernis zu ihrer Erklärung. Sie müssen aufgesucht und durch Beobachtung festgestellt werden. In dem Aufsuchen und Beobachten beruht die Kunst, die geschickte Stellung der Fragen beurkundet den Geist des Naturforschers. Bedenken Sie, wie schwer es ist, einen Gegenstand aufzusuchen, den Sie gestern oder vor acht Tagen verloren haben. Sie finden ihn nicht am sichersten, wenn Sie ohne weiteres die Fußböden Ihres Hauses aufbrechen, oder Ihr Haus niederreißen und den Schutt durchsuchen, sondern am wahrscheinlichsten, wenn Sie darüber nachdenken, an welchem Orte Sie ihn zum letztenmal gesehen und in Händen gehabt haben. Durch Suchen ohne Nachdenken finden Sie ihn vielleicht; durch Nachdenken und dann Suchen sichern Sie sich den Erfolg. So ist denn in der Aufsuchung der Ursache einer Erscheinung das Nachdenken der einzige zuverlässige Führer: durch die Beobachtung erkennen Sie die sinnlichen Merkzeichen des Weges.
Es gibt keine Kunst, welche so schwierig ist, wie die Kunst der Beobachtung: es gehört dazu ein gebildeter, nüchterner Geist und eine wohlgeschulte Erfahrung, welche nur durch Übung erworben wird; denn nicht der ist der Beobachter, welcher das Ding vor sich mit seinen Augen sieht, sondern der, welcher sieht, aus welchen Teilen das Ding besteht und in welchem Zusammenhange die Teile mit dem Ganzen stehen. Mancher übersieht die Hälfte aus Unachtsamkeit, ein anderer gibt mehr als er sieht, indem er

es mit dem, was er sich einbildet, verwechselt; ein anderer sieht die Teile des Ganzen, aber er wirft Dinge zusammen, die getrennt werden müssen. In dem Görlitzschen Prozeß in Darmstadt sahen die Totenweiber, welche die Leiche entkleidet und gewaschen hatten, an der Leiche weder Arme noch Kopf; ein anderer Zeuge sah einen Arm und den Kopf so groß wie eine Faust; ein dritter Zeuge (ein Arzt) sah die beiden Arme und den Kopf ganz von der Größe eines gewöhnlichen Frauenschädels. An diesen Aussagen erkennen Sie deutlich den Grad der Bildung der Zeugen, ihre Fähigkeit zum Beobachten.

Mit dem Beobachten verhält es sich wie mit einem Stücke Glas, welches als Spiegel sehr eben und mit großer Sorgfalt geschliffen sein muß, wenn es das Bild rein und unverzerrt zurückwerfen soll.

Der Beobachter einer Uhr sieht an der Uhr nicht nur das hin- und herschwingende Pendel und das Zifferblatt und die Zeiger, die sich bewegen, dies kann ein Kind sehen, sondern er sieht auch die inneren Teile der Uhr und in welchem Zusammenhang das angehängte Gewicht mit dem Räderwerk und das Pendel mit den sich bewegenden Zeigern steht.

Wenn der Beobachter den Grund einer Erscheinung ermittelt hat und er imstande ist, ihre Bedingungen zu vereinigen, so beweist er, indem er versucht, die Erscheinungen nach seinem Willen hervorzubringen, die Richtigkeit seiner Beobachtungen durch den Versuch, das Experiment. Eine Reihe von Versuchen machen heißt oft einen Gedanken in seine einzelnen

Teile zerlegen und denselben durch eine sinnliche Erscheinung prüfen. Der Naturforscher macht Versuche, um die Wahrheit seiner Auffassung zu beweisen, er macht Versuche, um eine Erscheinung in allen ihren verschiedenen Teilen zu zeigen. Wenn er für eine Reihe von Erscheinungen darzutun vermag, daß sie alle Wirkungen derselben Ursache sind, so gelangt er zu einem einfachen Ausdruck derselben, welcher in diesem Fall ein Naturgesetz heißt. Wir sprechen von einer einfachen Eigenschaft als einem Naturgesetze, wenn diese zur Erklärung einer oder mehrerer Naturerscheinungen dient.

Wir führen z. B. das Steigen des Queckſilbers in der Torricelliſchen Röhre (Barometer) und das Erheben eines Luftballons auf das Gesetz zurück, daß die Luft Gewicht besitzt. Eine einzelne Naturerscheinung wird aber unserer Erfahrung gemäß niemals durch eine einzige Ursache zum Vorschein gebracht, sondern sie beruht immer auf dem Zusammenwirken mehrerer Naturgesetze. Die Darlegung des Zusammenhangs dieser Naturgesetze heißt die Theorie der Erscheinung. Die Theorie des Barometers umfaßt drei Naturgesetze: das Gesetz, daß die Luft schwer ist, das Gesetz, daß der Druck auf Flüssigkeiten gleichmäßig nach allen Richtungen sich fortpflanzt, das Gesetz, daß der in einer Richtung wirkende Druck, wenn er nicht durch einen gleichen Gegendruck aufgehoben wird, eine Bewegung hervorbringt, die solange fortdauert, bis das Gleichgewicht hergestellt ist. Auf dem letzteren Gesetz, sowie auf dem Gesetz, daß die Luft

ſchwer iſt, und auf einem vierten Geſetz, daß ein in einer Flüſſigkeit ſchwimmender Körper an ſeinem Gewichte um ebenſoviel verliert, als die Flüſſigkeit wiegt, die er aus dem Raume verdrängt, beruht die Theorie des Luftballons.

Wenn Sie in vielen Entwickelungen der Chemie Lücken finden, ſo müſſen Sie in Betracht ziehen, daß ſie wie alle Naturwiſſenſchaften in fortſchreitender Vervollkommnung begriffen iſt. Dieſe Lücken werden nach und nach ausgefüllt werden, nie wird man aber dahin gelangen, bei der Unendlichkeit des Gebietes, ſie verſchwinden zu machen. Was wir vor den griechiſchen Philoſophen voraus haben, iſt, daß wir unendlich beſſer wiſſen, als Sokrates es wußte, daß wir, gerade in Beziehung auf das, was wir wiſſen möchten, nichts wiſſen. Wir erſteigen einen Berg. Auf der Spitze angelangt, ſieht der umfaſſendere Blick immer neue Berge ſich erheben, die anfänglich dem Auge nicht ſichtbar waren.

Suchen wir unſeren Blicken die möglichſt weite Ausſicht zu geben, es wird uns dann leichter werden, uns in den Regionen zurecht zu finden, die unter uns liegen, und uns vor Irrwegen und Hinderniſſen zu ſchützen, die unſere Schritte hemmen und unſere Kraft zerſplittern. Das unter uns liegende Gebiet wird dann zu unſerem Eigentum, auf dem wir ſäen und zu unſerem und der menſchlichen Geſellſchaft Nutzen Früchte ernten werden.

Der Raum, in dem ſich die Weltſyſteme bewegen, iſt ohne Grenze; was wäre außerhalb einer ſolchen

Scheidewand? Die Anzahl der Welten ist unendlich groß, sie ist durch Zahlen nicht ausdrückbar; der Lichtstrahl legt in einer Sekunde 40000 Meilen zurück; ein Jahr umfaßt viele Sekunden; es gibt Fixsterne, deren Licht, um zu unserem Auge zu gelangen, Billionen Jahre Zeit gebrauchte. Wir kennen Tiere mit Bewegungs- und Verdauungsorganen, die dem bloßen Auge eben noch sichtbar sind; es gibt Tiere, welche, meßbar, viele hundertmal kleiner sind und die nämlichen Apparate besitzen. So wie die größeren und größten nehmen sie Nahrung zu sich und pflanzen sich durch Eier fort, die wieder viele hundertmal kleiner als ihr eigener Körper sein müssen. Nur an unseren unvollkommenen Sehwerkzeugen scheitert die Wahrnehmung von tausendmal kleineren Geschöpfen.

Welche Abstufungen und Verschiedenheiten bieten die Bestandteile unseres Erdkörpers in ihren Zuständen und in ihren Eigenschaften dar! Es gibt Körper, welche zwanzigmal schwerer als ein gleicher Raumteil Wasser, es gibt andere, welche zehntausendmal leichter sind, deren kleinste Teile durch die besten Mikroskope nicht mehr wahrnehmbar sind; wir kennen zuletzt in dem Lichte, diesem wunderbaren Boten, der uns täglich Kunde bringt von dem Fortbestehen zahlloser Welten, die Äußerung eines außerirdischen Wesens, welches der Schwerkraft nicht mehr folgt, und doch unseren Sinnen durch unzählige Wirkungen sich bemerkbar macht. Und das Sonnenlicht selbst, mit dessen Ankunft auf der Erde die tote Na-

tur Leben und Bewegung empfängt; wir spalten es in Strahlen, die, ohne zu leuchten, die mächtigsten Veränderungen und Zersetzungen in der organischen Natur hervorbringen; wir zerlegen es in eine Mannigfaltigkeit von Wärmestrahlen, die untereinander ebenso große Verschiedenheiten wie die Farben zeigen.

Nirgends aber beobachten wir einen Anfang oder ein Ende.

In der Natur sieht der menschliche Geist weder über noch unter sich eine Grenze, und in dieser, für seine Kraft, ihrer Unermeßlichkeit wegen, kaum faßbaren Unendlichkeit fällt kein Wassertropfen zur Erde, kein Stäubchen wechselt seinen Platz, ohne dazu gezwungen zu sein.

Nirgends außer sich beobachtet der Mensch einen zum Bewußtsein gelangten Willen, alles sieht er in den Fesseln unwandelbarer, unveränderlicher, fester Naturgesetze; nur in sich selbst erkennt er ein Etwas, was alle diese Wirkungen, einen Willen, der alle Naturgesetze beherrschen kann, einen Geist, der in seinen Äußerungen unabhängig von diesen Naturgewalten ist, der in seiner ganzen Vollkommenheit nur sich selbst Gesetze gibt.

Die einfache empirische, d. h. erfahrungsgemäße Erkenntnis der Natur, sie drängt uns mit unwiderstehlicher Kraft die Überzeugung auf, daß dieses Etwas nicht die Grenze ist, über welche hinaus nichts ihm Ähnliches und Vollkommeneres mehr besteht. Unserer Wahrnehmung sind seine niedrigeren und niedrigsten

Abstufungen allein zugänglich, und wie eine jede andere Wahrheit in der Naturforschung begründet sie die Existenz eines höheren, eines unendlich höchsten Wesens für dessen Anschauung und Erkenntnis die Sinne nicht mehr zureichen, das wir nur durch die Vervollkommnung der Werkzeuge unseres Geistes in seiner Größe und Erhabenheit erfassen.

Die Kenntnis der Natur ist der Weg, sie liefert uns die Mittel zur geistigen Vervollkommnung.

Die Geschichte der Philosophie lehrt uns, daß die weisesten Menschen, die größten Denker des Altertums und aller Zeiten, die Einsicht in das Wesen der Naturerscheinungen, die Bekanntschaft mit den Naturgesetzen als ein ganz unentbehrliches Hilfsmittel der Geisteskultur angesehen haben. Die Physik war ein Teil der Philosophie. Durch die Wissenschaft macht der Mensch die Naturgewalten zu seinen Dienern, in dem Empirismus ist es der Mensch, der ihnen dient; der Empiriker wendet, wie bewußtlos, einem untergeordneten Wesen sich gleichstellend, nur einen kleinen Teil seiner Kraft dem Nutzen der menschlichen Gesellschaft zu. Die Wirkungen regieren seinen Willen, während er durch Einsicht in ihren innern Zusammenhang die Wirkungen beherrschen könnte.

Wenn dem vergleichenden Anatomen ein kleines Knochenstück, ein Zahn, zu einem Buche wird, aus dem er uns die Geschichte des Geschöpfes einer untergegangenen Welt erzählt, seine Größe und Gestalt beschreibt, das Medium, in dem es lebte und atmete,

seine Nahrung, ob Pflanze oder Tier, seine Werkzeuge der Fortbewegung uns zeigt, so würde alles dies das Spiel einer regellosen Phantasie genannt werden können, wenn dieses kleine Knochenstück, dieser Zahn, einer Laune des Zufalls, einer Willkür seine Form und Beschaffenheit verdankte. Alles dies ist dem Anatomen möglich, weil ein jeder Teil bestimmten Gesetzen seine Form verdankt, weil, die Form des Teils einmal erkannt, es das Gesetz ist, was das Ganze konstruiert. Nicht minder wunderbar mag es vielen scheinen, daß der Chemiker aus dem bekannten Gewichtsverhältnis, in dem sich ein einzelner Körper mit einem zweiten verbindet, die Gewichtsverhältnisse erschließt und festsetzt, in denen der erste Körper mit allen übrigen, mit zahllosen andern Körpern sich verbindet. Die Entdeckung dieser Gesetze, denen sich alle Vorgänge, die Zahl und Maß umfassen, in der organischen sowohl wie in der Welt der Mineralien unterordnen, die alle chemischen Prozesse regeln und beherrschen, ist der anerkannt wichtigste und in seinen Folgen reichste Erwerb dieses Jahrhunderts.

## Geschichte der Chemie

Es ist nicht leicht, sich eine Vorstellung über den Umfang des chemischen Wissens in der gegenwärtigen Zeit zu machen, ohne den Blick rückwärts auf vergangene Jahrhunderte zu lenken. Die Geschichte

einer Wissenschaft ist eine Seite in der Geschichte des menschlichen Geistes. In Beziehung auf ihre Entstehung und Entwickelung gibt es keine, welche merkwürdiger und lehrreicher wäre, als die Geschichte der Chemie. Der verbreitete Glaube an das jugendliche Alter der Chemie ist ein Irrtum, welcher zufälligen Umständen seine Entstehung verdankt; sie gehört zu den ältesten Wissenschaften.

Derselbe Geist, welcher zu Ende des vorigen Jahrhunderts in einem hochzivilisierten Volke das wahnsinnige Bestreben erweckte, die Denkmale seines Ruhmes und seiner Geschichte zu vernichten, der Göttin der Vernunft Altäre zu erbauen und einen neuen Kalender einzuführen, gab Veranlassung zu dem seltsamen Feste, in welchem Madame Lavoisier in dem Gewande einer Priesterin das phlogistische System auf einem Altar den Flammen übergab, während eine feierliche Musik ein Requiem dazu spielte. Damals vereinigten sich die französischen Chemiker zu einer Änderung aller bis dahin gebräuchlichen Namen und Bezeichnungsweisen von chemischen Vorgängen und chemischen Verbindungen, es wurde ein neues Namenverzeichnis eingeführt, welches im Gefolge eines in sich vollendeten neuen Systems sich in allen Ländern die Aufnahme erzwang.

Daher denn die scheinbare große Kluft zwischen der gegenwärtigen und früheren Chemie.

Der Ursprung einer jeden wichtigen Entdeckung, einer jeden gesonderten Beobachtung, welche bis zu Lavoisiers Zeit in irgendeinem andern Teil Europas

gemacht worden war, war verwischt; die neuen Namen und geänderten Vorstellungen zerrissen allen Zusammenhang mit der Vergangenheit: unser gegenwärtiger Besitz scheint vielen nur das Erbe der damaligen französischen Schule zu sein und die Geschichte nicht über diese hinaus zu reichen. Dies eben ist der Irrtum.

Wie es kein Ergebnis gibt in der Geschichte der Völker, dem nicht Zustände oder Ereignisse, deren Folge es ist, vorangegangen sind, ganz so verhält es sich mit dem Fortschritt in den Naturwissenschaften. Ein neues System, eine neue Theorie ist immer die Folge von mehr oder weniger umfassenden, der herrschenden Lehre widersprechenden Beobachtungen. Zu Lavoisiers Zeit waren alle Körper, alle Erscheinungen, mit deren Studium er sich beschäftigt hat, bekannt; er hat keinen neuen Körper, keine neue Naturerscheinung entdeckt, alle durch ihn festgestellten waren die notwendigen Folgen von Arbeiten, die den seinigen vorangegangen waren. Sein unsterbliches Verdienst war es, den Körper der Wissenschaft mit einem neuen Sinn begabt zu haben, alle Glieder waren bereits vorhanden und in die richtige Verbindung gebracht.

Die Chemie umfaßt die Wirkungen von Naturkräften der verborgensten Art, die sich nicht wie viele physikalische Kräfte, wie das Licht, die Schwere, durch Tätigkeiten kundgeben, welche täglich die Aufmerksamkeit der Menschen auf sich ziehen; es sind Kräfte, welche nicht in Entfernungen wirken, deren Äußerungen nur bei der unmittelbaren Berührung ver-

schiedenartiger Materien wahrnehmbar sind. Es gehörten Jahrtausende dazu, um die Welt von Erscheinungen zu schaffen, woraus die Chemie zu Lavoisiers Zeiten bestand. Unzählige Beobachtungen mußten gemacht sein, ehe man imstande war, die auffallendste chemische Erscheinung, das Brennen eines Lichtes zu erklären, ehe man die verborgenen Fäden auffand, welche zum Bewußtsein führten, daß das Rosten des Eisens in der Luft, das Bleichen der Farben, der Atmungsprozeß der Tiere abhängig von derselben Ursache ist.

Um zu den chemischen Kenntnissen zu gelangen, über die wir heute verfügen, war es nötig, daß Tausende von Männern, mit allem Wissen ihrer Zeit ausgerüstet, von einer unbezwinglichen, in ihrer Heftigkeit an Raserei grenzenden Leidenschaft erfüllt, ihr Leben und Vermögen und alle ihre Kräfte daransetzten, um die Erde nach allen Richtungen zu durchwühlen, daß sie, ohne müde zu werden und zu erlahmen, alle bekannten Körper und Materien, organische und unorganische, auf die verschiedenartigste und mannigfaltigste Weise miteinander in Berührung brachten; es war erforderlich, daß dies fünfzehn Jahrhunderte hindurch geschah.

Es war ein mächtiger, unwiderstehlicher Reiz, der die Menschen antrieb, sich mit einer Geduld und Ausdauer, die ohne Beispiel in der Geschichte ist, mit Arbeiten zu beschäftigen, welche kein Bedürfnis der Zeit befriedigten. Es war das Streben nach irdischer Glückseligkeit.

Eine wunderbare Fügung pflanzte in die Gemüter der weisesten und erfahrensten Männer die Idee der Existenz eines in der Erde verborgenen Dinges, durch dessen Auffindung der Mensch in den Besitz dessen gelangen kann, was die höchsten Wünsche der höheren Sinnlichkeit umschließt: Gold, Gesundheit und langes Leben. Das Gold gibt die Macht, ohne Gesundheit gibt es kein Genießen, und das lange Leben tritt an die Stelle der Unsterblichkeit. (Goethe.)
Diese drei obersten Erfordernisse der irdischen Glückseligkeit glaubte man vereinigt in dem Stein der Weisen. Die Auffuchung der jungfräulichen Erde, des Mittels zur Darstellung der geheimnisvollen Substanz, welche in der Hand der Weisen oder Wissenden jedes unedle Metall in Gold verwandelt, das, wie man später glaubte, in seiner höchsten Vollkommenheit als Arzneimittel gebraucht, alle Krankheiten heilt, den Körper verjüngt und das Leben verlängert, war aber tausend Jahre lang der alleinige und Hauptzweck aller chemischen Arbeiten.
Die Idee des Steins der Weisen, als eines Mittels zur Verwandlung der unedlen Metalle in Gold, wurde vorzüglich durch die Araber von Ägypten aus verbreitet. Durch die Eroberung von Ägypten gelangten die Araber in den Besitz von naturwissenschaftlichen Kenntnissen. In diesem geistig frischen Volke, in welchem der Fatalismus Mohammeds, im Widerspruch mit der Entwickelung der Heilkunde, so wie die Gebote ihres religiösen Gesetzbuches, welche das Grübeln ausdrücklich untersagten, die Pflege der

Wissenschaften, der Medizin, der Astronomie, der Mathematik, nicht zu hindern vermochten, fanden die Vorstellungen der alexandrinischen Gelehrten über Metallverwandlung einen empfänglichen, vorbereiteten und fruchtbaren Boden.

Zur Zeit als Bagdad, Bassora und Damaskus Mittelpunkte des Welthandels waren, gab es kein Volk der Erde, welches geschickter und tätiger im Erwerb und begieriger nach Gewinn und Gold war, als die Araber. In ihren Märchen und Sagen sind uns die Lieblingswünsche der damaligen Zeit, die bewegenden Ursachen der Tätigkeit des Volkes aufbewahrt. Während die Elfen und Nixen, die Zwerge und Undinen der germanischen Sagen Spender von Schwertern waren, denen kein Feind widerstand, oder von Salben, welche alle Wunden heilten, von Bechern, die sich niemals leerten, oder Tischen, die immer gedeckt waren, sind die Geister der Tausend und einen Nacht stets die Bewahrer von unermeßlichen Schätzen, die Hüter von Gärten mit Bäumen von Gold und Früchten von edlen Steinen. Die Wunderlampe der arabischen Erzähler, durch welche der Mensch in den Besitz dieser Herrlichkeiten gelangen konnte, war offenbar als etwas ebenso Erreichbares und Wirkliches angesehen, als wie die Besen, auf welchen viele Jahrhunderte später die Hexen auf den Blocksberg ritten, um in rasenden Tänzen die Walpurgisnacht zu feiern. Sie gestaltete sich in Ägypten in den Steinen der Weisen.

Durch die arabischen Hochschulen wurde das Streben

nach der Auffindung des Steins der Weisen und damit der Erwerb chemischer Kenntnis und die ganze wissenschaftliche Richtung dem nordwestlichen Europa mitgeteilt.

Aus den Schriften Gebers, des Plinius des achten Jahrhunderts, ergibt sich ein Umfang von chemischen Erfahrungen, welcher für diese Zeit Bewunderung erweckt, und die Theorien der großen Naturforscher des 13. Jahrhunderts, Roger Bacos und Alberts von Bollstadt, können an Ideenreichtum und umfassender Naturanschauung nur mit denen der neueren naturphilosophischen Schulen verglichen werden.

Wie wir noch heute die Körper nach ihrer Ähnlichkeit oder Gleichheit in gewissen Eigenschaften in Gruppen ordnen, ganz so geschah dies zu Gebers Zeit. Die Metalle haben gewisse Grundeigenschaften gemein; der Metallglanz gehört allen an. Es gibt Metalle, welche im Feuer unveränderlich sind; es waren die sogenannten edlen Metalle. Die Mehrzahl der andern verliert im Feuer den Glanz und die Dehnbarkeit; es waren dies die unedlen Metalle. Außer diesen unterschied man noch die unvollkommenen oder sogenannten Halbmetalle.

Dem Metallglanz nach konnte damals der Bleiglanz, der Schwefelkies nicht von den Metallen getrennt werden; der Bleiglanz stand dem Blei, der Schwefelkies dem Gold in der Farbe nahe. Aus dem Bleiglanz und dem Schwefelkies konnte Schwefel ausgetrieben werden. Aus dem ersteren erhielt man ohne Änderung der Farbe und des Glanzes metal-

lisches, dehnbares, schmelzbares Blei. Was war natürlicher als zu glauben, daß der Schwefel ein Bestandteil der Metalle sei, durch dessen Verhältnis ihre Eigenschaften bedingt seien. Durch Austreiben von Schwefel wurde der Bleiglanz in Blei verwandelt; war es nicht wahrscheinlich, daß durch Entfernung von etwas mehr Schwefel eine noch größere Veredlung des Bleies bewirkt werden könnte?

In der Tat erhielt man aus dem Blei, indem man es einer weiteren Behandlung im Feuer aussetzte (durch das Abtreiben), eine gewisse Menge Silber, aus dem Silber schied man Gold. Die Alchemie betrachtete diese Scheidungen als Erzeugungen, das Blei, Silber und Gold als Produkte ihrer Prozesse. War es nicht wahrscheinlich, daß durch Vervollkommnung der Prozesse alles Blei im Bleiglanz in Silber, alles Silber in Gold umgewandelt werden könnte? Die Erfahrung hatte bewiesen, daß durch eine jede Verbesserung des Verfahrens mehr Blei, mehr Silber, mehr Gold aus derselben Menge Bleiglanz genommen werde.

Daß die alten Alchemisten Schwefelverbindungen der Metalle für Metalle selbst hielten, wird niemand in Verwunderung setzen, welcher weiß, daß die heutigen Chemiker 26 Jahre lang ein Oxyd (Uranoxydul) und eine Stickstoffverbindung (Stickstofftitan) für einfache Metalle angesehen und gehalten haben.

In allen Metallen, so glaubte man, ist ein Prinzip enthalten, welches ihnen den Charakter der Metallität erteilt, es ist der Merkur, der Stein der Weisen;

Bereicherung eines unedlen Metalls an dem Prinzip ist Veredelung desselben. Zieht man aus irgendeinem Stoffe oder Metall das metallische Prinzip aus, steigert man seine Kraft durch Läuterung und stellt so die Quinteſſenz der Metallität dar, so hat man den Stein, der, auf unreife Metalle gebracht, diese in edle verwandelt. Die Wirkung des Steins der Weisen wurde von vielen ähnlich der eines Ferments angesehen. „Verwandelt nicht die Hefe die Pflanzensäfte, das Zuckerwasser durch die Umsetzung der Bestandteile in das verjüngende und stärkende Wasser des Lebens (aqua vitae), bewirkt es nicht die Ausscheidung aller Unreinigkeiten! Verwandelt nicht der Sauerteig das Mehl in nährendes Brot!"

Worüber man am meisten sich wundern muß, ist offenbar der Umstand, daß die Existenz des Steins der Weisen so viele Jahrhunderte hindurch als eine über jeden Zweifel erhabene Wahrheit gelten konnte, obwohl ihn keiner besaß, und jeder behauptete, daß ihn ein anderer besitze.

Wer aber konnte in der Tat einen Zweifel hegen, nach dem van Helmont erzählt hatte (1618), daß ihm mehrmals von unbekannter Hand $^1/_4$ Gran des kostbaren Körpers zugestellt worden sei, womit er 8 Unzen Queckſilber in reines Gold verwandelt habe! Hatte nicht Helvetius, der ausgezeichnete Leibarzt des Prinzen von Oranien, der bittere Widersacher der Alchemie, selbst erzählt, die bündigsten Beweise der Existenz des Steins der Weisen erhalten zu haben? Denn er, der Zweifler, hatte von einem

Fremden ein Stückchen von der Größe eines halben Rübsamenkorns erhalten, und damit in Gegenwart seiner Frau und seines Sohnes 6 Drachmen Blei in Gold verwandelt, was die Prüfung der Münzwardeine in Haag bestand!

Es ist wohl kaum zu bezweifeln, daß es den Liebhabern der Alchemie oft so ergangen ist wie dem berühmten und hochverdienten Professor der Theologie Joh. Sal. Semler in Halle, der sich 1786 mit einer damals berühmten Universalarznei, welche ein gewisser Baron von Hirsch unter dem Namen Luftsalz feilbot, beschäftigte; er glaubte, gefunden zu haben, daß in diesem Salze, angefeuchtet und warm gehalten, sich Gold erzeuge. Er schickte 1787 eine Portion dieses Salzes samt darin gewachsenem Golde an die Akademie zu Berlin. Klaproth, der es untersuchte, fand darin Glaubersalz, Bittersalz in ein Harnmagma eingehüllt und Blattgold in hübschen Dimensionen. Semler schickte auch an Klaproth Salz, in welchem noch kein Gold gewachsen sei, und einen Liquor, welcher „den Goldsamen enthalte und das Luftsalz in der Wärme befruchte," es zeigte sich indes, daß das Salz bereits mit Gold vermengt war. Semler glaubte fest an die Entstehung des Goldes; er schrieb 1788: „2 Gläser tragen Gold, alle 5 oder 6 Tage nehme ich es ab, 12 bis 15 Gran, 2 bis 3 andere sind auf dem Wege, und das Gold blüht unten durch." Eine neue Sendung an Klaproth in Blättern von 4 bis 9 Quadratzoll zeigte, daß die Pflanze sich verschlechtert hatte, sie trug jetzt un-

echtes Gold, Tombak. Die Sache klärte sich dahin auf, daß Semlers Diener, welcher des Treibhauses warten sollte, Gold in die Gläser gelegt hatte, um seinen Herrn zu vergnügen; bei einer Verhinderung des Dieners übernahm dessen Frau das Geschäft, welche indes der Meinung war, daß unechtes Gold wohlfeiler sei und denselben Zweck erfülle.

Baco von Verulam, Luther, Spinoza, Leibniz glaubten an den Stein der Weisen und an die Möglichkeit der Metallverwandlung.

In unserer Zeit ist man nur zu sehr geneigt, die Ansichten der Schüler und Anhänger der arabischen Schule und der späteren Alchemisten über Metallverwandlung als eine Verirrung des menschlichen Geistes anzusehen und seltsamerweise zu beklagen; aber der Begriff des Wandelbaren und Veränderlichen entspricht der allgemeinsten Erfahrung und geht dem des Unveränderlichen stets voraus.

Vor der Einführung der Wage und der Entwickelung der chemischen Analyse war kein wissenschaftlicher Grund vorhanden für die Meinung, daß das Eisen in einem roten, das Kupfer in einem blauen oder grünen Steine als Eisen oder Kupfer schon vorhanden und nicht Erzeugnisse des Prozesses seien, der zu ihrer Gewinnung dient. Waren aber die Metalle erzeugte und nicht ausgeschiedene Stoffe, so waren sie auch verwandelbar; alles hing dann vom Prozesse ab.

Erst durch die Einführung der Daltonischen Lehre wurde in der Annahme fester, nicht weiter teilbarer

Teilchen (Atome) der Begriff von chemisch einfachen Körpern in der Wissenschaft festgestellt; aber die Vorstellung, die man damit verbindet, ist so wenig naturgemäß, daß kein Chemiker der gegenwärtigen Zeit die Metalle für 48 einfache unzerlegbare Körper, für Elemente hält. Aber noch vor einer kleinen Anzahl Jahre glaubte Berzelius fest an die Zusammengesetztheit des Stickstoffs, des Chlors, Broms und Jods, und wir lassen die einfachen Körper nicht deshalb für solche gelten, weil wir wissen, daß sie unzerlegbar sind, sondern weil ihre Zerlegbarkeit wissenschaftlich in diesem Augenblick nicht beweisbar ist. Wir halten es aber nicht für unmöglich, daß dies morgen geschehe. Im Jahre 1807 galten die Alkalien und alkalische Erden für einfache Körper, von denen wir durch H. Davy wissen, daß sie Verbindungen von Kalium, Natrium, Kalzium und Barium mit Sauerstoff sind.

In dem letzten Viertel des vorigen Jahrhunderts glaubten viele der ausgezeichnetsten Naturforscher an die Verwandelbarkeit des Wassers in Erde, und es war diese Meinung so verbreitet, daß es der größte Chemiker seinerzeit, Lavoisier, für angemessen hielt, durch eine Reihe schöner Versuche die Gründe, worauf sie sich stützte, einer Untersuchung zu unterwerfen und den Irrtum darzutun. Die Erzeugung von Kalk während der Bebrütung der Hühnereier, die von Eisen und Metalloxyden in dem tierischen und vegetabilischen Lebensprozeß, fand noch in diesem Jahrhundert warme und scharfsinnige Verteidiger.

Die Unkenntnis der Chemie und ihrer Geschichte ist der Grund der sehr lächerlichen Selbstüberschätzung, mit welcher viele auf das Zeitalter der Alchemie zurückblicken, wie wenn es möglich oder überhaupt denkbar wäre, daß über tausend Jahre lang die kenntnisreichsten und scharfsinnigsten Männer, ein Baco von Verulam, Spinoza, Leibniz eine Ansicht für wahr hätten halten können, der aller Boden gefehlt und welche keine Wurzel gehabt hätte! Muß nicht im Gegenteil als ganz unzweifelhaft vorausgesetzt werden, daß die Idee der Metallverwandlung mit allen Beobachtungen dieser Zeit in vollkommenster Übereinstimmung und mit keiner im Widerspruch stand?

Man sagt, daß die Vorstellung des Steins der Weisen ein Irrtum gewesen sei; aber alle unsere Ansichten sind aus Irrtümern hervorgegangen. Was wir heute für wahr halten, ist vielleicht morgen schon ein Irrtum. Eine jede Ansicht, welche zum Arbeiten antreibt, den Scharfsinn weckt und die Beharrlichkeit erhält, ist für die Wissenschaft ein Gewinn; denn die Arbeit ist es, welche zu Entdeckungen führt. Die drei Keplerschen Gesetze, welche als die Grundlage der heutigen Astronomie gelten, sind nicht aus richtigen Vorstellungen über die Natur der Kraft, welche die Planeten in ihren Bahnen und ihrer Bewegung erhält, hervorgegangen, sondern es sind einfache Resultate der Experimentierkunst.

Die lebhafteste Einbildungskraft, der schärfste Verstand ist nicht fähig, einen Gedanken zu ersinnen,

welcher vermögend gewesen wäre, mächtiger und nachhaltiger auf den Geist und die Kräfte der Menschen einzuwirken, als wie die Idee des Steins der Weisen. Ohne diese Idee würde die Chemie in ihrer gegenwärtigen Vollendung nicht bestehen, und um sie ins Leben zu rufen und in 1500 oder 2000 Jahren auf den Standpunkt zu bringen, auf dem sie sich heute befindet, würde sie aufs neue geschaffen werden müssen.

Um zu wissen, daß der Stein der Weisen nicht existierte, mußte alles der Untersuchung und Beobachtung Zugängliche, entsprechend den Hilfsmitteln der Zeit, untersucht und beobachtet werden. Darin liegt aber der ans Wunderbare grenzende Einfluß dieser Idee: ihre Macht konnte erst gebrochen werden, als die Wissenschaft eine gewisse Stufe ihrer Vollendung erreicht hatte. Jahrhunderte hindurch, wenn Zweifel erwachten, und die Arbeitenden in ihren Bemühungen ermatteten, trat zur rechten Zeit ein rätselhafter Unbekannter auf, der einen hervorragenden glaubwürdigen Mann von der Wirklichkeit des großen Magisteriums überzeugte.

Ein der Wissenschaft Unkundiger, der sich die Mühe gibt, eine einzige Seite eines Handbuchs der Chemie durchzulesen, muß in Erstaunen versetzt werden von der Masse der einzelnen Tatsachen, welche darauf verzeichnet sind; ein jedes Wort beinahe in einem solchen Werk drückt eine Erfahrung, eine Erscheinung aus. Alle diese Erfahrungen boten sich dem Beobachter nicht von selbst dar, sie mußten mühsam

aufgesucht und errungen werden. Auf welchem Standpunkt wäre die heutige Chemie ohne die Schwefelsäure, welche eine über tausend Jahre alte Entdeckung der Alchemisten ist, ohne die Salzsäure, die Salpetersäure, das Ammoniak, ohne die Alkalien, die zahllosen Metallverbindungen, den Weingeist, Äther, den Phosphor, das Berlinerblau! Es ist unmöglich, sich eine richtige Vorstellung von den Schwierigkeiten zu machen, welche die Alchemisten in ihren Arbeiten zu überwinden hatten; sie waren die Erfinder der Werkzeuge und der Prozesse, welche zur Gewinnung ihrer Präparate dienten, sie waren genötigt, alles, was sie brauchten, mit ihren eigenen Händen darzustellen.

Die Alchemie ist niemals etwas anderes als die Chemie gewesen; ihre beständige Verwechslung mit der Goldmacherei des 16. und 17. Jahrhunderts ist die größte Ungerechtigkeit. Unter den Alchemisten befand sich stets ein Kern echter Naturforscher, die sich in ihren theoretischen Ansichten häufig selbst täuschten, während die fahrenden Goldköche sich und andere betrogen. Die Alchemie war die Wissenschaft, sie schloß alle technisch-chemischen Gewerbzweige in sich ein. Was Glauber, Böttger, Kunkel in dieser Richtung leisteten, kann kühn den größten Entdeckungen unseres Jahrhunderts an die Seite gestellt werden.

Manche leitende Ideen der gegenwärtigen Zeit erscheinen dem, welcher nicht weiß, was die Wissenschaft bereits geleistet hat, so ausschweifend wie die

der Alchemisten. Nicht die Verwandlung der Metalle, welche den Alten so wahrscheinlich schien, sondern viele seltsamere Dinge halten wir für erreichbar. Wir sind an Wunder so gewöhnt worden, daß wir uns über nichts mehr wundern. Wir befestigen die Sonnenstrahlen auf Papier, und senden unsere Gedanken in die größten Entfernungen mit der Schnelligkeit des Blitzes. Wir schmelzen Kupfer im Wasser und gießen daraus Bildsäulen in der Kälte. Wir lassen Wasser, sogar Queckſilber in rotglühenden Tiegeln zu Eis, zu festem, hämmerbarem Queckſilber gefrieren, und halten es für möglich, ganze Städte aufs glänzendste zu beleuchten mit Lampen ohne Flamme, ohne Feuer, und zu denen die Luft keinen Zutritt hat. Wir stellen eine der kostbarsten Mineralsubstanzen, den Ultramarin, fabrikmäßig dar, und glauben, daß morgen oder übermorgen jemand ein Verfahren entdeckt, aus einem Stück Holzkohle einen prächtigen Diamanten, aus Alaun Saphire oder Rubine, aus Steinkohlenteer den herrlichen Farbstoff des Krapps oder das wohltätige Chinin, oder das Morphin zu machen; es sind dies lauter Dinge, welche entweder ebenso kostbar oder weit nützlicher sind wie das Gold.

Der Stein der Weisen, den die Alten im dunkeln unbestimmten Drange suchten, ist in seiner Vollkommenheit nichts anderes gewesen, als die Wissenschaft der Chemie.

Ist sie nicht der Stein der Weisen, der uns verspricht, die Fruchtbarkeit unserer Felder zu erhöhen

und das Gedeihen vieler Millionen Menschen zu sichern; verspricht sie uns nicht, statt sieben Körner deren acht und mehr auf demselben Felde zu erzielen?

Ist nicht die Chemie der Stein der Weisen, welcher die Bestandteile des Erdkörpers in nützliche Produkte umformt, welche der Handel in Gold verwandelt; ist sie nicht der Stein der Weisen, der uns die Gesetze des Lebens zu erschließen verspricht, der uns die Mittel liefern muß, die Krankheiten zu heilen und das Leben zu verlängern?

Der Mangel an Kenntnis der Geschichte ist der Grund, warum man häufig auch auf die zweite Periode der Chemie, auf die phlogistische, mit Geringschätzung, ja mit einer Art von Verachtung zurückblickt. Unser Dünkel findet es unbegreiflich, daß die Versuche von Jean Rey über die Gewichtszunahme der Metalle beim sogenannten Verkalken, dem Verbinden derselben mit Sauerstoff, unbeachtet bleiben, daß neben diesen die Idee des Phlogistons sich entwickeln und Bestand gewinnen konnte. Aber alle Bemühungen in diesem Zeitalter waren auf das Ordnen des Erworbenen gerichtet, nachdem das zu Ordnende vorhanden war. Die Beobachtungen Jean Reys sind für diese Periode ohne allen Einfluß geblieben, weil sie nicht in Verbindung gebracht waren mit dem Verbrennungsprozeß überhaupt; denn wie viele Körper gab es nicht, welche beim Verbrennen leichter wurden, oder welche ganz für die Wahrnehmung verschwanden! Das Ziel jener Zeit war eben

die Aufsuchung der Erscheinungen, welche in einerlei Klasse gehörten und einerlei Ursache ihre Entstehung verdankten.

Daß die Verkalkung der Metalle und die Erzeugung der Schwefelsäure aus Schwefel, sowie die Wiederherstellung der Metalle aus den Metallkalken und die des Schwefels aus der Schwefelsäure analoge Vorgänge sind und miteinander im Zusammenhange stehen, diese große, unvergleichliche Entdeckung bedingte den Fortschritt bis zu uns; in ihr liegt eine Wahrheit, welche heute noch als solche gilt und unabhängig ist von der Kenntnis des Gewichtes. Ehe man anfangen konnte zu wägen, mußte man wissen, was gewogen werden solle; ehe man mißt, muß man eine Beziehung zwischen zwei Dingen kennen, welche festgestellt werden soll. Diese Beziehungen für den wichtigsten aller Prozesse, den Verbrennungsprozeß, entdeckt und dargetan zu haben, ist Stahls unsterbliches Verdienst.

Wir schätzen die Tatsachen ihrer Unvergänglichkeit wegen, und weil sie den Boden für die Ideen abgeben; den eigentlichen Wert empfängt aber die Tatsache erst durch die Idee, die daraus entwickelt wird. Es fehlten Stahl die Tatsachen, aber die Idee ist sein Eigentum.

Das Phlogiston war ursprünglich ein Begriff, und die Frage nach seiner materiellen Existenz so lange ohne alle Bedeutung, als die Idee desselben noch Früchte bringend für das Ordnen, und befruchtend für neue Verallgemeinerungen war. Indem man die

Eigenſchaft des Gewichtes in die Erklärung mit aufnahm, entdeckte man die Abhängigkeit des Vorganges von einem beſonderen Beſtandteile der Luft, die Erſcheinung an ſich war aber damit nicht beſſer wie früher erklärt.

Was naturgeſetzlich ſich entwickelt, kann nicht ſchneller gehen, als es geht. Erſt nach der Bekanntſchaft mit dem Verhalten der taſtbaren Dinge konnte eine Chemie der unſichtbaren Körper ſich geſtalten. Der heutige Begriff einer chemiſchen Verbindung iſt aus der Chemie der Gaſe hervorgegangen; zu Stahls Zeit war der Begriff von dem chemiſchen Charakter eines Gaſes oder der Luft noch nicht entwickelt. In der Volumabnahme, in dem Verſchwinden eines Gaſes, da ſah und erkannte man erſt die chemiſche Anziehung.

Hales ſah (1727) aus einer Menge von Körpern, durch die Einwirkung des Feuers, Luft ſich entwikkeln; alles, was Luftform und Elaſtizität beſaß, war für ihn Luft. Der auffallende Unterſchied des kohlenſauren Gaſes, der brennbaren Gaſe und der gemeinen Luft fiel ihm gar nicht auf. Die Volumabnahme eines Gaſes bei Berührung mit Waſſer, oder in der Verbrennung, erklärte er nicht durch eine Auflöſung oder durch Verbindung, ſondern durch den Verluſt des Ausdehnungsvermögens.

Blacks meiſterhafte Unterſuchungen legten den erſten Grund zur antiphlogiſtiſchen Chemie. Der Fundamentalverſuch Lavoiſiers, die Verkalkung und Wiederherſtellung des roten Queckſilberoxyds und die Auf-

saugung und Entwickelung eines Bestandteils der Luft während dieser Prozesse, ist nur eine Nachahmung der Versuche Blacks über den Kalk und die Alkalien. Als Black nachwies, daß der ätzende Kalk, wenn er an der Luft liegt, in milden Kalk übergeht, indem er an Gewicht zunimmt; als er zeigte, daß diese Gewichtszunahme von der Aufnahme eines Gases (der Kohlensäure) aus der Luft herrührte, welches durch Hitze wieder ausgetrieben werden konnte; als er zeigte, daß die Gewichtsvermehrung dem Gewichte des aufgenommenen Gases entsprach, da begann die Epoche der quantitativen Untersuchung. Das Phlogiston verlor seine Bedeutung, an die Stelle der Idee trat ein festgegliedertes Band von Tatsachen.

Noch heute können viele Chemiker Kollektivnamen, ähnlich dem Worte Phlogiston, für Vorgänge, von denen man vermutet, daß sie in einerlei Klasse gehören oder von derselben Ursache bedingt werden, nicht entbehren; aber anstatt hierzu Worte zu wählen, welche Dinge bezeichnen, wie dies bis Ende des 18. Jahrhunderts gewöhnlich war, bedienen wir uns seit Berthollet eigens für diesen Zweck erfundener „Kräfte". So gibt es kaum etwas, was gegen die Regeln echter Naturforschung mehr streitet, als die Erfindung und der Gebrauch des Wortes Katalyse oder katalytische Kraft. Wir alle wissen, daß in diesem Worte keine Wahrheit liegt; aber die Mehrzahl der Menschen kann, aus Mangel an richtigen Begriffen, des Wortes nicht entbehren, und das Bedürfnis des Ordnens und Zusammenbindens wird

demselben auch bei anderen so lange Bestand verleihen, bis die Tatsachen, auf die es sich bezieht, in die ihnen zukommenden richtigen Gefächer eingereiht sind[1]).

Man hat gesagt, daß eine jede Wissenschaft sich in drei Perioden entwickele, die erste sei die der Ahnung oder des Glaubens, die zweite die der Sophistik, die dritte endlich die der nüchternen Forschung. Die Alchemie hält man für die religiöse Periode der Wissenschaft, welche später Chemie hieß. Diese Ansicht ist entschieden falsch für die Chemie, sowie für alle induktiven Wissenschaften. Um das Wesen einer Naturerscheinung zu erforschen, sind dreierlei Bedingungen zu erfüllen. Man muß zuerst die Erscheinung an sich nach allen Seiten hin kennen lernen, sodann ermitteln, in welchem Zusammenhange diese Erscheinung mit anderen Naturerscheinungen steht; und wenn alle diese Beziehungen entdeckt sind, so besteht die letzte Aufgabe darin, diesen Zusammenhang oder das Abhängigkeitsverhältnis zu messen, d. h. durch Zahlen festzustellen. Die Wissenschaft der Chemie umfaßt alle Erscheinungen der Körperwelt, welche durch eine gewisse Anzahl derselben Ursachen bedingt werden, und ihre geschichtliche Entwickelung zerfällt in drei Perioden, entsprechend den

---

[1]) Das ist inzwischen durch die Arbeiten von Ostwald und seinen Schülern geschehen. Hierbei hat es sich als zweckmäßig erwiesen, die alte Bezeichnung Katalyse beizubehalten, und darunter alle Vorgänge zu verstehen, die sich physikalisch-chemisch als Beschleunigungen an sich schon stattfindender chemischer Vorgänge auffassen lassen.

drei Bedingungen, welche die Erkenntnis einer einzelnen Naturerscheinung voraussetzt.
In der ersten Periode der Chemie waren alle Kräfte der Erkenntnis der Eigenschaften der Körper zugewendet, ihre Eigentümlichkeiten mußten entdeckt, beobachtet und festgestellt werden: dies ist die Periode der Alchemie. Die zweite Periode umfaßt die Ermittelung der gegenseitigen Beziehungen oder des Zusammenhangs dieser Eigenschaften: dies ist die Periode der phlogistischen Chemie; in der dritten Periode, — dies ist die, in welcher wir uns befinden, — bestimmen wir durch Maß und Gewicht das Verhältnis, in welchem die Eigenschaften der Körper abhängig voneinander sind. Die induktiven Naturwissenschaften beginnen mit dem Stoff, dann kommen die richtigen Ideen, zuletzt kommt die Mathematik mit ihren Zahlen und macht das Werk fertig.

## Chemische Kräfte

Um eine klare Anschauung der wunderbaren Ordnung und Regelmäßigkeit zu haben, in welcher die Körper Verbindungen eingehen, muß man sich daran erinnern, was der Chemiker mit Verbindung oder Zersetzung bezeichnet. Das Rosten des Eisens, das Bleichen der Farben an der Luft, die Ausbringung der Metalle aus ihren Erzen, die Darstellung von zahllosen Gegenständen des Handels und der Gewerbe, von Arzneien, kurz alle neuen Formen oder

Erscheinungen, welche sich beim Zusammenbringen verschiedenartiger Körper den Sinnen darbieten, sie beruhen bis auf sehr wenige Ausnahmen auf einer chemischen Verbindung oder Zersetzung.

Die letzten Ursachen der neuen Formen und Erscheinungen sind die chemischen Kräfte, von allen andern dadurch unterschieden, daß wir ihre Existenz in ihren Äußerungen nur bei unmittelbarer Berührung der Körper wahrnehmen; in einer jeden meßbaren Entfernung äußern sie keine Art von Wirkung. Diese Klasse von Erscheinungen begrenzt das Gebiet der Chemie; die Schwere, die elektrische, die magnetische Kraft, die Wärme haben Einfluß auf die chemischen Vorgänge, allein als Kräfte, die auf fernhin wirken, Bewegungen, Ortsveränderungen, überhaupt Naturerscheinungen bedingen, gehört die Ermittelung ihrer Natur und ihrer Gesetze im engeren Sinne der Physik an.

Das Eisen rostet an der Luft, Schwefel und Quecksilber werden zu Zinnober; es ist die chemische Kraft, die zwischen den Teilchen des Eisens und einem Bestandteile der Luft, die zwischen den Teilchen des Schwefels und Quecksilbers tätig ist, durch welche der Wechsel ihrer Eigenschaften bewirkt wurde; sie ist die Ursache der Entstehung eines Körpers mit neuen veränderten Eigenschaften, einer chemischen Verbindung.

Aus Schwefelquecksilber (Zinnober), den wir mit Eisen erhitzen, erhalten wir wieder Quecksilber; aus Eisenrost, den wir mit Kohle glühen, erhalten wir wieder metallisches Eisen. Wir zersetzen den Zinnober

durch Eisen, den Eisenrost durch Kohle; die Ursache ist immer die chemische Kraft, der Erfolg beruht stets auf der Bildung einer Verbindung. Das Eisen, welches das Quecksilber ausschied, verbindet sich mit dem Schwefel, wir hatten Schwefelquecksilber und bekommen Schwefeleisen; die Kohle, welche aus dem Eisenrost metallisches Eisen wieder hervorgehen macht, sie geht mit dem Bestandteile der Luft, den das Eisen beim Rosten aufgenommen hatte, eine Verbindung ein.

Die unendlich große Anzahl von chemischen Zersetzungen zusammengesetzter Körper, die Ausscheidung von einem seiner Bestandteile, sie beruht stets darauf, daß ein neu hinzukommender Körper mit den übrigen Bestandteilen eine Verbindung eingeht. Es ist einleuchtend, daß diese Körper unter den gegebenen Bedingungen keine Art von Wechsel in ihren Eigenschaften erfahren könnten, wäre zwischen ihren Teilchen nicht die Ursache tätig, die wir als chemische Kraft bezeichnen.

Ganz dem gewöhnlichen Sprachgebrauch und der Bedeutung des Wortes entgegen hat man die chemische Kraft Verwandtschaft genannt. Man sagt: zwei Körper haben Verwandtschaft zueinander, wenn sie, miteinander in Berührung, die Fähigkeit zeigen, sich miteinander zu verbinden. Dieser Ausdruck ist entschieden falsch, wenn man damit sagen wollte, daß solche Körper verwandt miteinander wären.

Die vierundsechzig einfachen Körper[1]) durcheinander auf einem Tische auf einen Haufen gebracht, würde

[1]) Die Zahl gut bestimmter Elemente übersteigt heute 80.

ein Kind nach ihrer äußeren Beschaffenheit in zwei große Klassen ordnen können: in eine Klasse, deren Glieder metallisches Ansehen besitzen, und in eine zweite, denen das metallische Ansehen abgeht.
Die erste umfaßt die Metalle, die andern heißen Metalloide. Diese großen Klassen lassen sich nun wieder, je nach der Ähnlichkeit in andern Eigenschaften, in kleinere Gruppen scheiden, in denen man also diejenigen vereinigt, die in ihren Eigenschaften einander am nächsten stehen.
In ganz gleicher Weise zeigen zusammengesetzte Körper Ähnlichkeiten oder Unähnlichkeiten in ihren Eigenschaften, und wenn man alle familienweise ordnet, die also zusammenbringt, die von einem Vater oder einer Mutter entspringen, so zeigt es sich, daß die Glieder einer und derselben Familie sehr wenig, oft nicht die geringste Neigung zeigen, neue Mischungen zu bilden; sie sind ihren Eigenschaften nach Verwandte, haben aber keine Anziehung, keine Verwandtschaft zueinander; die Glieder hingegen zweier Familien, die in ihren Eigenschaften recht weit voneinander abstehen, diese ziehen sich stets am stärksten an.
So haben die Verbindungen zweier Glieder derselben Familie die leicht erkennbaren Tugenden und Fehler der Familie in ungemindertem, oft in erhöhtem Grade, wenn aber zwei von ganz entgegengesetzten Stämmen sich verbinden, so geht stets ein neuer Körper daraus hervor, an dem man die Eltern nicht wieder erkennt.

So stehen sich Eisen und Quecksilber (zwei Metalle) den Stammbäumen nach unendlich näher als Eisen und Schwefel, oder Quecksilber und Schwefel (ein Metall und ein Metalloid). An einer Verbindung zwischen den beiden ersteren erkennt man sogleich den Ursprung; aber wer sollte im Zinnober das flüssige silberweiße Metall, den gelben, brennbaren Schwefel vermuten? Hieraus ergeben sich in den Zusammensetzungen selbst verschiedene Grade der Verwandtschaft, womit man immer die ungleiche Fähigkeit oder das ungleiche Streben ihrer Teile bezeichnet, sich miteinander zu verbinden; auf diesen verschiedenen Graden der Anziehung beruhen alle Zersetzungen.

Es ist erwähnt worden, daß zur Äußerung der chemischen Verwandtschaft unbedingt erforderlich ist, daß sich die Teilchen der Körper berühren, oder in unmeßbar kleiner Entfernung sich befinden. Jedermann kennt nun die Wirkung, welche die Wärme auf die Körper ausübt. Ein eiserner Nagel, noch so fest in die Wand geschlagen, wird allmählich lose und fällt zuletzt heraus. Im Sommer ist das Eisen mehr erwärmt als im Winter, es dehnt sich im Sommer aus und treibt mit großer Kraft das Holz und den Stein auseinander, im Winter zieht sich das Eisen aber in weit höherem Grade als der Stein oder das Holz zusammen. Die Ausdehnung durch Wärme setzt voraus, daß die Teilchen eines Körpers sich voneinander entfernen, die Zusammenziehung durch Kälte, daß sie sich einander nähern. Da nun eine gewisse Nähe der Teilchen eine notwendige Bedingung zur

Äußerung der chemiſchen Verwandtſchaft iſt, ſo iſt leicht einzuſehen, daß durch die bloße Wirkung der Hitze eine Menge chemiſcher Verbindungen in ihre Beſtandteile zerfallen müſſen, und zwar ſtets in dem Falle, wo durch die Wärme die Entfernung ihrer Teilchen zuletzt größer wird, als die Sphäre ihrer chemiſchen Anziehung iſt. Hierdurch erfolgt notwendig eine Trennung; nimmt die Hitze ab, ſo nähern ſich die Teilchen wieder einander, und bei einer gewiſſen Nähe geht wieder eine Verbindung vor ſich.

Wir können uns denken, daß in für uns unmeßbaren hohen Temperaturen Körper ſich in einem und demſelben Raume befinden, ohne ſich miteinander zu verbinden, obwohl ſie die ſtärkſte Verwandtſchaft zueinander haben, eben weil die Wärme die Verwandtſchaft aufhebt, ihrer Äußerung einen Widerſtand entgegenſetzt.

So waren unſtreitig die Beſtandteile des Erdkörpers zu einer Zeit, wo er eine außerordentlich hohe Temperatur beſaß, in ganz anderer Weiſe geordnet, ja es iſt nicht undenkbar, daß ſie wie in einem Chaos durcheinanderſchwammen, daß ſich dieſes Chaos zu den gegenwärtigen Mineralien und Gebirgsarten dann erſt ordnete, als die Temperatur durch Abkühlung abnahm.

Denken wir uns alle Elemente des Erdkörpers durch den Einfluß einer großen Hitze in den nämlichen Zuſtand verſetzt, in welchem ſich bei gewöhnlicher Lufttemperatur das Sauerſtoff- und Waſſerſtoffgas

befindet, so würde die Erde eine ungeheure Kugel von lauter Gasen sein, die sich überall gleichförmig mischen würden, ohne eine Verbindung miteinander einzugehen, ganz so, wie dies beim Sauerstoff- und Wasserstoffgas, trotz ihrer ausgezeichnet großen Verwandtschaft, geschieht. Bei 350° verbindet sich das Quecksilber mit dem Sauerstoff der Luft zu einem roten kristallinischen Pulver, bei 400° zerlegt sich dieses Pulver in Sauerstoffgas und Quecksilberdampf.

Wenn wir eine Mischung von Eisen und Blei mit Schwefel in einem Tiegel zusammenschmelzen, so trennt sich das Eisen vom Blei und verbindet sich mit dem Schwefel; solange noch eine Spur Eisen in dem Blei ist, tritt kein Teilchen Schwefel an das Blei, sondern nur an das Eisen; ist alles Eisen an den Schwefel getreten, so vereinigt sich jetzt der Schwefel mit dem Blei. Wie man leicht bemerkt, haben beide Metalle Verwandtschaft zu dem Schwefel, allein die des Eisens ist weit größer als die des Bleies; daher kommt es denn, daß wenn, wie es im Großen geschieht, das in der Natur vorkommende Schwefelblei (Bleiglanz) mit Eisen zusammengeschmolzen wird, sich das Blei im reinen metallischen Zustande abscheidet; das Eisen verbindet sich mit dem Schwefel, zu dem es eine weit größere Verwandtschaft besitzt.

In ähnlicher Weise zerlegt das Eisen in der Glühhitze den Zinnober und treibt das Quecksilber aus, indem es sich mit dem Schwefel verbindet; allein in

diesem Fall ist die Verwandtschaft des Eisens zum Schwefel nicht der einzige Grund der Zersetzung. Niemand hat bis jetzt Quecksilber im rotglühenden Zustande gesehen, wie Eisen, z. B. in der Esse des Schmiedes. Während das Eisen in der Hitze das Feuer nicht verläßt, verwandelt sich das Quecksilber unter denselben Umständen in einen unsichtbaren Dampf; seine Teile erhalten durch die Wärme das Vermögen, Gaszustand anzunehmen. Die Fähigkeit eines Körpers, Gaszustand anzunehmen, beruht nun auf dem Vermögen oder Streben seiner Teile, sich abzustoßen, sich voneinander zu entfernen, und dieses Streben behaupten die Körper in ihren chemischen Verbindungen. Das Quecksilber besitzt die Fähigkeit, zu verdampfen, schon bei gewöhnlicher Temperatur. Ein Tropfen Quecksilber verdampft allmählich in der Luft. Er braucht hierzu längere Zeit als ein Wassertropfen, allein er verschwindet nach und nach. Der Zinnober verdampft unter diesen Umständen nicht, was offenbar darauf beruht, daß dem Streben des Quecksilbers im Zinnober, Luftform anzunehmen und sich von den Schwefelteilchen loszureißen oder zu entfernen, ein Widerstand entgegenwirkt, und dies ist die chemische Verwandtschaft des Schwefels. Es ist dies ein Widerstand, der durch schwache Wärmegrade nicht überwunden wird. Wird nun der Zinnober auf den Punkt erhitzt, auf welchem das Quecksilber luftförmig wird, so wird nicht nur die Verwandtschaft zwischen Schwefel und Quecksilber geschwächt, sondern auch das Streben des Quecksilbers,

sich von den Schwefelteilchen loszureißen, wird dadurch erhöht. Kommt jetzt der Wärme eine, wenn auch nur schwache Verwandtschaft zu Hilfe, die des Eisens z. B. zum Schwefel, so erfolgt eine Trennung desselben vom Quecksilber, die ohne das Zusammenwirken dieser verschiedenen Ursachen unter denselben Umständen nicht erfolgt wäre.

So spielt denn das Streben eines Körpers, in gewissen Temperaturen Luftform anzunehmen, eine wichtige Rolle in allen Zersetzungs- und Verbindungsprozessen des Chemikers; es ändert, erhöht oder vermindert die Äußerungen der Verwandtschaft.

In ganz ähnlicher Weise nimmt die Fähigkeit der Teilchen eines Körpers, ihren Zusammenhang zu behaupten gegen alle Ursachen, die ihn zu vernichten streben, Anteil an dem Spiele der Verwandtschaft. Wir können durch die Hitze den Zucker, das Kochsalz schmelzen, ihre Teile leicht beweglich nach allen Richtungen hin machen, ihren festen Zustand aufheben und vernichten. Dasselbe können wir durch Wasser. In dem Wasser, in welchem Zucker und Kochsalz schmelzen, ist es nicht die Wärme, sondern die chemische Verwandtschaft des Wassers, wodurch ihr Streben, zusammenhängend zu bleiben, aufgehoben wird.

Ein Stück von einem weißgebrannten Knochen ist unlöslich in Wasser und alkalischen Flüssigkeiten; das Streben seiner Teile, ihren Zustand zu behaupten, oder, wie man in diesem Falle sagt, ihre Kohäsionskraft, ist größer als die Verwandtschaft der Flüssigkeit. Die Bestandteile desselben (Phosphor-

säure und Kalk) lösen sich, jeder für sich, im Wasser. In einer Menge saurer Flüssigkeiten, z. B. in Essig, lösen sich beide auf. Es ist mithin einleuchtend, daß, wenn wir die Bestandteile dieses Knochenstückes in einer sauren Flüssigkeit miteinander zusammenbringen, wir keine Art von Veränderung eintreten sehen, weil beide, gleichgültig in welcher Form, in der sauren Flüssigkeit löslich sind. Bringt man aber beide in Wasser gelöst zusammen, welches der Vereinigung ihrer Bestandteile zu einem festen Körper kein Hindernis entgegensetzt, so sehen wir Knochenerde als weißes Pulver zu Boden fallen; es entsteht, wie man sagt, ein Niederschlag.

In dieser Weise benutzt der Chemiker die ungleiche Löslichkeit der Körper in verschiedenen Flüssigkeiten und ihr Verhalten in der Wärme, als mächtige Mittel zur Scheidung, zur Analyse. Alle Mineralien ohne Ausnahme lassen sich durch geeignete Wahl in Flüssigkeiten auflösen. Indem er nun durch Zusatz von andern Materien die Natur der Flüssigkeit ändert, wechselt damit die Löslichkeit der Bestandteile des Minerals in dieser Flüssigkeit, und es gelingt ihm auf diese Weise, einen nach dem andern daraus zu scheiden. Dies ist der eine Weg der Analyse. Der andere besteht darin, daß man der Auflösung einer Verbindung, welche fünf, sechs und mehr Bestandteile enthält, nach und nach verschiedene andere Substanzen zusetzt, die mit einem oder dem andern der Bestandteile eine unlösliche Verbindung eingehen. Dies geschieht in einer gewissen Reihenfolge, und

zwar so, wie wenn die Bestandteile in verschiedenen Fächern lägen, zu deren Öffnung man ebensoviele verschiedene Schlüssel braucht.

Bei diesen Zersetzungen und Verbindungen liegt die Frage ganz nahe, wieviel man von einem Körper nötig hat, um mit einem zweiten eine chemische Verbindung hervorzubringen, wieviel man von einem dritten Körper braucht, um einen Bestandteil aus dieser Verbindung abzuschneiden und durch diesen dritten zu vertreten.

Alle diese Fragen sind auf das Erschöpfendste beantwortet. Man kennt genau die Mengenverhältnisse, in denen sich die Körper verbinden, sowie die Gewichtsverhältnisse, in welchen sie sich in chemischen Verbindungen vertreten.

Eine chemische Verbindung ist dadurch charakterisiert, daß das Gewichtsverhältnis ihrer Bestandteile unveränderlich ist; darin liegt eben ihre Verschiedenheit von einem Gemenge, in dem die Bestandteile in veränderlichen und unbestimmten Verhältnissen zugegen sind. In dem folgenden sind die Gewichtsverhältnisse der Bestandteile dreier chemischen Verbindungen in Prozenten angegeben.

| Wasser enthält | | Salzsäure oder Chlorwasserstoff | | Kohlenwasserstoff | |
|---|---|---|---|---|---|
| Sauerstoff | 88,89; | Chlor | 97,76; | Kohlenstoff | 85,71 |
| Wasserstoff | 11,11; | Wasserstoff | 2,24; | Wasserstoff | 14,29 |
| | 100,00 | | 100,00 | | 100,00 |

Daß die Bestandteile in einer chemischen Verbindung in unveränderlichen Verhältnissen zugegen sind, be-

trachtet man als das erste und wichtigste Verbindungsgesetz; so zwar, daß für unsere Vorstellung ein Wasser mit denselben Eigenschaften wie das gewöhnliche Wasser, aber mit einem andern Gehalte an Wasserstoff und Sauerstoff als der aufgeführte, gar nicht denkbar ist.

Die Erfahrungen, welche zu diesem Gesetze geführt haben, gehören der neueren Zeit an, woher es denn kommen mag, daß man früher, wo man sie nicht kannte, ganz unbestimmte Vorstellungen über die Beziehungen der Eigenschaften einer Verbindung zu der Quantität ihrer Bestandteile hatte.

Wir wissen jetzt, daß die Eigenschaften einer Verbindung abhängig von bestimmten Gewichtsverhältnissen sind, und daß sie mit der Zunahme oder Abnahme eines Bestandteils wechseln.

Was hingegen stets als eine wichtige Entdeckung angesehen werden muß, das ist die Erfahrung, daß die Bestandteile einer einfachen chemischen Verbindung in andern chemischen Zusammensetzungen sich genau in dem Verhältnis, in welchem sie sich verbinden, auch vertreten. In der prozentischen Zusammensetzung des Wassers, Chlorwasserstoffs, Schwefelwasserstoffs kennt man demnach das Gewichtsverhältnis, in welchem Wasserstoff, Sauerstoff, Chlor, Schwefel usw. einander vertreten.

Wenn demnach in irgendeiner Sauerstoffverbindung der Sauerstoff hinweggenommen werden und Wasserstoff an dessen Stelle treten soll, so werden immer und unabänderlich 88,89 Gew.-Teile Sauerstoff ersetzt

durch 11,11 Gew.-T. Wasserstoff. In gleicher Weise werden 2,24 Gew.-T. Wasserstoff in einer Wasserstoffverbindung vertreten und ersetzt durch 97,76 Gew.-T. Chlor; 85,71 Gew.-T. Kohlenstoff durch 14,29 Gew.-T. Wasserstoff usw.

Die obigen durch die Analyse ermittelten Zusammensetzungen lassen sich in einer einfachen Form ausdrücken; auf

1 Gewichtsteil Wasserstoff
enthält

| das Wasser | die Chlorwasserstoffsäure | der Kohlenwasserstoff |
|---|---|---|
| 8 Gew.-T. Sauerst. | 35,4 Chlor | 6 Kohlenstoff |

In 9 Gew.-T. Wasser befindet sich 1 Gew.-T. Wasserstoff; da nun dieser 1 Gew.-T. Wasserstoff vertretbar ist durch 35,4 Gew.-T. Chlor und 6 Gew.-T. Kohlenstoff, so ist einleuchtend, daß diese Zahlen (8 Sauerstoff, 35,4 Chlor, 6 Kohlenstoff) gleichzeitig die Gewichte ausdrücken, in denen diese Körper sich miteinander verbinden.

Die Zusammensetzung aller chemischen Verbindungen ohne Ausnahme läßt sich durch diese festen Zahlen ausdrücken, die man eben in Beziehung auf ihre gegenseitige Vertretung Äquivalente genannt hat.

Unter den zusammengesetzten Körpern gibt es viele Gruppen, deren einzelne Glieder ähnliche Eigenschaften oder einen gleichen chemischen Charakter zeigen, und die einander in ihren Verbindungen vertreten können. Die Eigenschaften der Gruppe, die den Namen „Säuren" führt, sind jedermann bekannt,

weniger vielleicht, was man unter Basis oder Base versteht, womit im allgemeinen eine Verbindung bezeichnet wird, welche die Fähigkeit hat, die sauren Eigenschaften der Säure aufzuheben, zu neutralisieren.

Der durch Verbindung einer Säure mit einer Basis entstandene Körper führt, ohne alle Rücksicht auf den Geschmack, den Namen Salz.

Eine Basis kann in einem Salze eine andere Base, eine Säure eine andere vertreten, und bei der näheren Beachtung der Verhältnisse, in denen sich die Metalloxyde, die zu den Basen gehören, vertreten, hat sich ergeben, daß hierzu sehr ungleiche Gewichte von verschiedenen Basen nötig sind. Um 10 Teile von der einen Basis auszuscheiden, braucht man 15 Teile von einer anderen, 25 Teile von einer dritten usw. Wenn nun die 10 Teile der ersten Basis 5 Teile Sauerstoff enthalten, so zeigt es sich, daß auch die 15 Teile der zweiten und die 25 Teile der dritten usw. ebenfalls nicht mehr und nicht weniger als 5 Teile Sauerstoff enthalten.

Die Sauerstoffmengen der sich vertretenden metallischen Basen bleiben sich unverändert gleich, nur die Metalle, die damit verbunden sind, vertreten sich je nach ihren Äquivalenten; für 39,2 Kalium, welche austreten, gehen 100,0 Quecksilber in die Verbindung ein.

An den Tatsachen, oder dem Verhalten der Körper, welches ich auseinandergesetzt habe, hat die schöpferische Phantasie nicht den geringsten Anteil; jede

Zahl ist das Resultat einer großen Menge sorgfältig angestellter Analysen, die sich denn freilich nicht von selbst zu dem wichtigen Gesetz zusammengestellt haben. Das Gesetz wurde erschlossen und entdeckt durch den Scharfsinn eines Deutschen, und der Name Richter wird so unvergänglich sein wie die Wissenschaft selbst.

## Atomistische Theorie

Man wird sich leicht denken können, daß die Frage nach dem Warum, nach der Ursache dieser festen, unveränderlichen Gewichte, den philosophischen Geist der Chemiker beschäftigen mußte. Es muß eine Ursache geben, welche das Zusammentreten der Elemente in anderen Verhältnissen unmöglich macht, welche einer Verkleinerung oder Vergrößerung derselben ein unüberwindliches Hindernis entgegensetzt. Die festen Verhältnisse sind die äußeren Merkmale dieser Ursache, allein mit denselben ist das Gebiet der Forschung begrenzt, sie selbst ist nicht sinnlich wahrnehmbar und kann nur Gegenstand der Spekulation, des geistigen Vorstellungsvermögens sein.
Wenn ich es versuchen werde, die Ansicht zu entwickeln, welche in diesem Augenblick über die Ursache der chemischen Proportionen herrschend geworden ist, so muß man nicht vergessen, daß ihre Unwahrheit oder Wahrheit mit dem Gesetze selbst nicht das geringste zu tun hat; dieses letzte bleibt als ein Ausdruck der Erfahrung immer wahr und ändert sich

nicht, wie sich auch die Vorstellungen über den Grund ändern mögen.

Eine sehr alte Vorstellung über die Natur der Materie, die sogenannte atomistische, eignet sich in der Tat vortrefflich zum sinnlichen Verständnis der chemischen Proportionen; sie setzt nämlich voraus, daß in einem Raum, den ein fester, flüssiger oder luftförmiger Körper einnimmt, nicht alle Teilchen des Raumes mit fester Masse, mit Materie ausgefüllt seien, sondern daß ein jeder Körper Poren habe, nicht etwa wie bei einem Stücke Holz, an dem sie sichtbar sind, sondern unendlich viel kleiner. Ein Körper besteht nach dieser Ansicht aus sehr kleinen Körperteilchen, die sich in einer gewissen Entfernung voneinander befinden; zwischen je zwei Teilchen ist also ein, nicht durch die Materie des Körpers ausgefüllter Raum vorhanden.

Die Wahrscheinlichkeit dieser Idee ist in die Augen fallend; wir können ein Volumen Luft in einen tausendmal kleineren Raum zusammenpressen, und auch feste und flüssige Körper nehmen unter der Gewalt eines mechanischen Druckes einen kleineren Raum ein. Eine Billardkugel mit einiger Kraft auf einen harten Körper geworfen, plattet sich ab und nimmt nach dem Abspringen die Kugelform wieder an. Alle Körper nehmen beim Erwärmen einen größeren, beim Erkalten einen kleineren Raum ein.

Es ist aus diesen wohlbekannten Erfahrungen leicht ersichtlich, daß der Raum, den ein Körper gerade einnimmt, von zufälligen Umständen abhängt, daß er

wechselt mit den Ursachen der Temperatur und dem Druck, die ihn größer oder kleiner zu machen streben. Wenn man sich nun denkt, daß an dem Orte, wo sich ein kleines Teilchen Materie, das eigentlich Raumerfüllende in einem Körper, befindet, nicht gleichzeitig ein zweites und drittes Teilchen Platz hat, so führt dies von selbst auf die Vorstellung, daß die Vergrößerung oder Verkleinerung des Volumens eines Körpers eine Folge ist von der größeren oder kleineren Entfernung seiner raumerfüllenden Teilchen. In einem Pfund flüssigen Wassers sind offenbar die Wasserteile näher beieinander als in einem Pfunde Wasserdampf, der bei gewöhnlichem Druck einen 1700mal größeren Raum einnimmt.

Diese Vorstellung gewährt Einsicht in eine Menge Erscheinungen, welche, gleich einfach, bis jetzt durch keine andere Ansicht erklärbar sind.

Die atomistische Theorie setzt ferner voraus, daß die kleinen Teilchen, woraus die Masse eines Körpers besteht, nicht weiter in kleinere teilbar seien, daher denn der Name Atome für diese kleinsten Teilchen.

Es ist für den Verstand durchaus unmöglich, sich kleine Teilchen Materie zu denken, welche absolut unteilbar sind; im mathematischen Sinne unendlich klein, ohne alle Ausdehnung können sie nicht sein, eben weil sie Gewicht besitzen; allein so klein auch ihr Gewicht angenommen werden mag, wir können die Spaltung des einen Teilchens in 2 Hälften, in 3, in 100 Teile nicht für unmöglich ansehen. Aber wir können uns auch denken, daß diese Atome nur

phyſikaliſch unteilbar ſind, ſo daß ſie ſich nur unſerer Wahrnehmung nach ſo verhalten, wie wenn ſie keiner weiteren Teilung mehr fähig wären. Ein phyſikaliſches Atom würde in dieſem Sinne eine Gruppe von viel kleineren Teilchen ſein, die durch eine Kraft oder durch Kräfte zu einem Ganzen zuſammengehalten werden, ſtärker als alle auf dem Erdkörper zu ihrer weiteren Spaltung uns zu Gebote ſtehenden Kräfte.

Mit dieſen Atomen, und was der Chemiker darunter meint, verhält es ſich wie mit ſeinen Elementen. Die 64 bekannten einfachen Körper ſind Elemente nur in Beziehung zu den Kräften und Mitteln, die uns zu Gebote ſtehen, um ſie in noch einfachere zerfallen zu machen. Wir können es nicht oder jetzt noch nicht, und die Grundſätze der Naturforſchung feſthaltend, nennen wir ſie ſo lange einfache Körper, bis uns die Erfahrung eines beſſeren überführt. Die Geſchichte der Wiſſenſchaft iſt in Hinſicht auf dieſe Methode reich an nützlichen Lehren. Rückſchritte, Irrtümer und falſche Anſichten ohne Zahl waren ſtets die unmittelbaren Folgen der Überſchreitung des Gebietes der Erfahrung. Ohne die Teilbarkeit der Materie ins Unendliche zu beſtreiten, behauptet der Chemiker nur den feſten Grund und Boden ſeiner Wiſſenſchaft, wenn er die Exiſtenz phyſikaliſcher Atome als eine ganz unbeſtreitbare Wahrheit annimmt.

Ein Tübinger Profeſſor (Gmelin) hat dieſe Anſicht durch ein geiſtreiches Bild verſinnlicht; er vergleicht die Atome mit den Himmelskörpern, die in Be-

ziehung zu dem Raum, in welchem sie schweben, unendlich klein, d. h. Atome sind. Alle diese unzähligen Sonnen mit ihren Planeten und Trabanten bewegen sich in abgemessenen Entfernungen von einander; sie sind unteilbar in Hinsicht auf die Existenz von Kräften, die von ihnen etwas Materielles losreißen oder ihre Gestalt und Größe in einem so bemerklichen Grade zu ändern vermöchten, daß damit ihr Verhältnis zu den anderen Himmelskörpern gestört werden könnte; aber sie sind nicht unteilbar an sich. Das Weltall stellt in diesem Sinne einen großen Körper dar, dessen Atome, die Himmelskörper, unteilbar und unveränderlich sind.

Der atomistischen Ansicht gemäß ist demnach ein Stück Glas, ein Stück Zinnober, ein Stück Eisen usw. ein Haufwerk von Atomen Glas, Zinnober, Eisen, deren Zusammenhang durch die Kohäsionskraft bedingt wird. Das allerkleinste denkbare Teilchen Eisen ist immer Eisen; was aber den Zinnober betrifft, so wissen wir mit der größten Bestimmtheit, daß ein physikalisch nicht weiter in kleinere Teile spaltbares Teilchen Zinnober noch kleinere Teile enthält, nämlich Schwefel- und Queckſilberteilchen, von denen wir sogar das Gewichtsverhältnis kennen, in welchem beide darin vorhanden sind.

Das Eisen besteht aus gleichartigen Atomen Eisen, der Zinnober aus gleichartigen Atomen, von denen jedes Zinnober ist. Aber diese letzteren sind nicht einfach, wie die des Eisens, sondern sie sind einer weiteren Spaltung fähig. Für die Sinne sind sie gleich-

artig, allein wir wissen, daß sie zusammengesetzt sind. Wir können durch Reiben, Pulvern, Feilen usw. ein Stück Zinnober in viel kleinere Stückchen zerteilen; allein durch keine mechanische Gewalt sind wir imstande, die Kraft zu überwinden, mit welcher die ungleichartigen Teilchen, die Bestandteile eines zusammengesetzten Atoms zusammengehalten werden. Darin unterscheidet sich eben die chemische Verwandtschaft von der Kohäsionskraft, daß sie sich nur bei Berührung der ungleichartigen Atome tätig zeigt; und da sich die Atome einander nicht durchdringen können, so folgt von selbst, daß die zusammengesetzten Atome durch Nebeneinanderlegung der einfachen, infolge der zwischen ihnen tätigen Verwandtschaftskraft entstehen. Sie gruppieren sich zu zwei, drei, zu hundert usw., und jede dieser Gruppen stellt einen gleichartigen Teil der ganzen Masse dar. Wir können uns das kleinste Teilchen Zinnober als eine Gruppe von zwei Atomen denken, von denen das eine ein Quecksilberatom, das andere ein Schwefelatom ist.

Wenn man erwägt, daß tausend Pfund Zinnober das nämliche Verhältnis Schwefel und Quecksilber enthalten, wie ein Pfund oder ein Gran, und sich denkt, daß ein Stück Zinnober eine Million Zinnoberatome enthalte, so ist klar, daß in einem einzigen Atom, wie in der Million Atome, sich stets für je 16 Schwefel 100 Quecksilber befindet. Zerlegen wir den Zinnober durch Eisen, so tritt das Quecksilberatom aus und sein Platz wird nun von einem Eisenatom eingenommen. Ersetzen wir den Schwefel im Zinnober

durch Sauerstoff, so tritt ein Sauerstoffatom an die Stelle des Schwefelatoms.

Man sieht leicht ein, daß nach dieser Vorstellung über die Zusammensetzung der Körper und ihre gegenseitige Vertretung die Äquivalentenzahlen nichts anders ausdrücken als das relative Gewicht der Atome. Wie schwer ein einzelnes Atom wiegt, sein absolutes Gewicht, ist nicht bestimmbar, wieviel das eine aber mehr Gewicht mitbringt in eine chemische Verbindung als das andere, das relative Gewicht der Atome, dies kann ermittelt werden. Ich brauche zur Vertretung von 8 Gewichtsteilen Sauerstoff 16 Schwefel, oder doppelt so viel als das Gewicht des Sauerstoffs beträgt, weil das Schwefelatom doppelt so schwer ist wie das Sauerstoffatom; ich habe nur ein Achtel von dem Gewicht des Sauerstoffs an Wasserstoff nötig, weil das Wasserstoffatom achtmal leichter ist[1]). So ist das Kohlenoxyd eine Gruppe von 2 Atomen, die Kohlensäure eine Gruppe von 3 Atomen; das erste enthält auf 1 Atom Kohlenstoff 1 Atom, die Kohlensäure 2 Atome Sauerstoff.

Die Unveränderlichkeit der festen Gewichtsverhältnisse, in denen sich die Körper verbinden, erklärt die Theorie aus der Existenz unteilbarer Teilchen, welche ungleich schwer sind, und in der chemischen Verbindung sich nicht durchdringen, sondern nebeneinander lagern.

---

[1]) Wir nehmen heute an, daß das Wasserstoffatom 16 mal so leicht ist, wie ein Sauerstoffatom. Liebig stand noch auf dem Boden der älteren, sogenannten Äquivalenttheorie, nach welcher das Wasser aus 1 Atom Wasserstoff und 1 Atom Sauerstoff bestand (H O). Hierbei mußte das Verhältnis 1 : 8 herauskommen.

Die Atome müssen, unserer Vorstellung nach, einen gewissen Raum einnehmen und eine gewisse Gestalt besitzen: durch ihre Verbindung untereinander entstehen zusammengesetzte Atome, die natürlicherweise einen gleichen oder größeren Raum einnehmen, wie die einfachen zusammengenommen; je nach ihrer Zusammensetzung oder der Art und Weise, wie sie sich geordnet haben, muß die Form wechseln. Bei den kristallisierenden Körpern, deren kleinste Teilchen eine bestimmte Gestalt besitzen, läßt sich, wie sich von selbst versteht, allein wahrnehmen, in welcher Beziehung die Form des Kristalls zu seiner Zusammensetzung steht. Man hat hierüber sehr interessante Beobachtungen gemacht.

Wenn nämlich zwei Salze von verschiedener Kristallgestalt aus einer und derselben Flüssigkeit kristallisieren, so bilden sich die Kristalle des einen Salzes vollkommen so aus, wie wenn das andere Salz in der Flüssigkeit gar nicht vorhanden wäre. Bringen wir eine Handvoll Salpeter und Kochsalz in eine hinreichende Menge Wasser, so lösen sich beide darin auf. Stellen wir die Auflösung auf einen warmen Ofen, so verdunstet allmählich das Wasser und die beiden Salze lagern sich in Kristallen auf dem Boden des Gefäßes wieder ab; mit bloßem Auge unterscheidet man die Würfel des Kochsalzes von den langen Säulen, welche dem Salpeter angehören. Nehmen wir einen Kochsalzkristall aus der Flüssigkeit heraus und waschen ihn mit etwas reinem Wasser ab, so zeigt es sich, daß in dem Kochsalzkristall kein

Salpeter enthalten ist; auf der andern Seite enthalten die Salpeterkristalle kein Kochsalz. Wenn man nun erwägt, daß beide Kristalle sich gleichzeitig in einer und derselben Flüssigkeit bilden, so folgt von selbst aus der Beschaffenheit der Kristalle, daß die Kochsalzteilchen, indem sie sich zu einem Kristalle vereinigten, nur Kochsalzteilchen, die Salpeterteilchen nur Salpeterteilchen anzogen und dadurch an Größe zunahmen. Zuletzt, wenn alles Wasser verdampft ist, hat man ein inniges Gemenge von Kochsalz und Salpeter, aber jeden einzelnen Kochsalzkristall dennoch gesondert von den einzelnen Salpeterkristallen.

Ganz anders verhält es sich mit Bittersalz und Nickel- oder Zinkvitriol; wenn beide aus einer und derselben Flüssigkeit kristallisieren, so beobachtet man keine Trennung von Zinkvitriol- und Bittersalzkristallen, sondern die gebildeten Kristalle enthalten gleichzeitig Zinkvitriol und Bittersalz, oder Nickelvitriol und Bittersalz, und zwar in allen möglichen Verhältnissen, je nach der Menge, die von beiden Salzen in der Auflösung vorhanden war. Man sieht leicht ein, daß die sich abscheidenden Zinkvitriol- und Bittersalzteilchen eine Anziehung, und offenbar eine ganz gleiche, zueinander hatten, denn ein Bittersalzkristall zog ja ein Zinkvitriolteilchen ganz so an, wie wenn es ein Bittersalzteilchen gewesen wäre, und umgekehrt; es fand nicht, wie zwischen Kochsalz und Salpeter, eine Art Wahl statt.

Wenn man nun einen Nickelvitriolkristall mit einem Bittersalzkristall vergleicht, so zeigt es sich, daß beide

einerlei Kristallgestalt besitzen. So sieht der Bittersalzkristall aus wie weißer Nickelvitriol, der Nickelvitriol wie grünes Bittersalz; es ist in den Winkeln, Ecken und Kanten kein Unterschied wahrnehmbar. Da nun ein großer Kristall aus einer Anhäufung von kleinen und kleinsten Kristallchen besteht, so muß notwendig das letzte Nickelvitriolteilchen die nämliche Gestalt haben, wie das allerletzte oder kleinste Bittersalzteilchen, oder, was das nämliche ist, die Gruppe von Atomen, die zu einem Zink- oder Nickelvitriolatom zusammengetreten sind, hat die nämliche Form wie die Gruppe, aus der ein Bittersalzatom besteht; der Kristall, in welchem beide in und nebeneinander sich vereinigt befinden, besitzt die Gestalt, welche jeden seiner Bestandteile (das Bittersalz, den Nickel- oder Zinkvitriol) charakterisiert.

Weitere Beobachtungen haben ergeben, daß die Gleichheit der Kristallformen zweier Körper nicht der einzige Grund ist, daß sie zusammen kristallisieren und daß die Form ihrer gemischten Kristalle die nämliche ist wie die ihrer Bestandteile.

So besitzt ein Salmiakkristall dieselbe geometrische Gestalt wie ein Alaunkristall, aber aus einer und derselben Flüssigkeit kristallisieren beide getrennt voneinander; die sich bildenden Alaunkristalle enthalten keinen Salmiak, die Salmiakkristalle keinen Alaun, offenbar weil, trotz der gleichen Form der Kristallatome, die Kraft, mit welcher die Alaunteilchen und Alaunteilchen, oder Salmiakteilchen und Salmiakteilchen einander anziehen, weit größer ist als die

anziehende Kraft, die zwischen Salmiak- und Alaunteilchen tätig ist; denn diese letztere besteht für die Beobachtung nicht.

Wenn man nun die Zusammensetzung derjenigen Verbindungen, die bei gleicher Kristallform nicht zusammen kristallisieren, mit denen vergleicht, welche unter denselben Umständen gemischte Kristalle bilden, so zeigt sich, daß die ersteren eine unähnliche, die anderen eine in allen Stücken ähnliche Zusammensetzung besitzen. So enthalten Bittersalz, Zinkvitriol, Nickelvitriol eine ganz gleiche Anzahl zusammengesetzter Atome, und zwar so, daß ein Bittersalzkristall von einem Zink- oder Nickelvitriolkristall sich nur dadurch unterscheidet, daß die beiden letzteren, anstatt eines Atoms Magnesium, ein Atom Nickel oder Zink enthalten, in der Art, daß wir Zink- und Nickelvitriol erhalten, wenn wir in einem Bittersalzkristall das Magnesium ausscheiden und durch Zink oder Nickel vertreten.

Das Salmiakatom enthält seinen Bestandteilen nach nur zwei Atome; der Alaun, welcher in derselben Form kristallisiert, enthält dreißig Atome. Eine unähnlichere Konstitution kann nicht gedacht werden; sie kristallisieren nicht zusammen.

Die schönsten Beispiele, daß in vielen Verbindungen die Kristallgestalt ganz unabhängig ist von der Verschiedenheit der Elemente, bieten die sogenannten Alaune dar, womit man Verbindungen bezeichnet, welche eine dem gewöhnlichen Alaun ähnliche Zusammensetzung besitzen, dessen Bestandteile Schwefel-

säure, Tonerde, Kali und Wasser sind. Er kristallisiert in schönen, regelmäßigen Oktaëdern. Wir können aus diesem Alaun die Tonerde herausnehmen und durch Eisenoxyd, Chromoxyd, Manganoxyd ersetzen, ohne daß sonst etwas in seiner Form oder Zusammensetzung geändert wird. Der Eisenalaun (welcher an der Stelle der Tonerde Eisenoxyd enthält) ist blaß violett und der äußeren Beschaffenheit nach nicht unterscheidbar vom Tonerdealaun. Der Chromalaun unterscheidet sich in nichts davon, außer durch eine violettrote, der Manganalaun durch eine violette Farbe. Legt man einen Kristall von Chromalaun in eine kalt gesättigte Auflösung von gewöhnlichem Tonerdealaun, so lagern sich die beim allmählichen Verdunsten des Wassers kristallisierenden Teilchen des Tonerdealauns auf den Flächen des Chromalaunkristalls ganz so ab, wie wenn es Chromalaunteilchen wären. Diejenige Fläche nimmt am raschesten an Größe zu, welche den Boden des Gefäßes berührt, und wenn man täglich den Kristall wendet und alle Flächen gleichmäßig wachsen macht, so hat man zuletzt ein regelmäßiges Oktaëder von weißem, durchsichtigem Tonerdealaun, in dessen Mitte sich als Kern ein im durchfallenden Lichte rubinrotes, regelmäßiges Oktaëder von Chromalaun befindet.

## Verhältnis der physikalischen und physiologischen Kräfte zur chemischen Kraft

Weder die Wärme, noch die elektrische Kraft, noch die Lebenskraft sind vermögend, die Teilchen zweier ungleichartigen Materien in eine Gruppe zusammenhängend zu machen, zu einer Verbindung zu vereinigen; dies vermag nur die chemische Kraft.
Überall in der organischen Natur, in allen Verbindungen, welche in dem lebendigen Tier- und Pflanzenorganismus erzeugt werden, begegnen wir den nämlichen Gesetzen, beobachten wir die nämlichen festen und unveränderlichen Verbindungsverhältnisse wie in der anorganischen.
Die Gehirn-, die Muskelsubstanz, die Bestandteile des Blutes, der Milch, der Galle usw. sind zusammengesetzte Atome, deren Bildung und Bestehen auf der zwischen ihren kleinsten Teilchen tätigen Verwandtschaft beruht. Es ist die Verwandtschaft und keine andere Kraft, welche ihr Zusammentreten bewirkt. Von dem lebendigen Körper getrennt, dem Einfluß der Lebenskraft entzogen, sind es die chemischen Kräfte allein, welche ihr ferneres Bestehen bedingen; von ihnen hängt, je nach ihrer Richtung und Stärke, die Größe oder Schwäche des Widerstandes ab, den sie äußeren Ursachen der Störung, äußeren Kräften, welche die chemische Anziehung aufzuheben streben, entgegensetzen. Aber Licht, Wärme, Lebenskraft, die Schwerkraft üben einen ganz entscheidenden Einfluß auf die Anzahl der einfachen Atome, die zu

einem zusammengesetzten Atome sich vereinigen, und auf die Art und Weise ihrer Lagerung aus; sie bedingen die Form, die Eigenschaften, die Eigentümlichkeit der Verbindungen, eben weil ihnen die Fähigkeit zukommt, ruhenden Atomen Bewegung mitzuteilen und durch Widerstand Bewegungen zu vernichten.

Licht, Wärme, Lebenskraft, die elektrische, die magnetische Kraft, die Schwerkraft äußern sich als Kräfte der Bewegung und des Widerstandes und ändern als solche die Richtung und Stärke der chemischen Kraft; sie sind fähig, sie zu erhöhen, zu vermindern oder zu vernichten.

Die bloße mechanische Bewegung reicht hin, um der Kohäsionskraft kristallisierender Körper eine bestimmte Richtung zu geben, und die der Verwandtschaft in chemischen Verbindungen zu ändern. Wir können Wasser in völliger Ruhe bis weit unter den Gefrierpunkt abkühlen, ohne daß es kristallisiert. Die Berührung mit der Spitze einer Nadel reicht in diesem Zustande hin, um es durch die ganze Masse in einem Augenblick zu Eis erstarren zu machen. Um Kristalle zu bilden, müssen die kleinsten Teilchen sich in Bewegung befinden, sie müssen ihren Ort, ihre Lage wechseln, um sich in den Richtungen ihrer stärksten Anziehung lagern zu können. Eine Menge in der Wärme gesättigter Salzauflösungen setzen beim Erkalten in völliger Ruhe keine Kristalle ab, das kleinste Stäubchen, ein Sandkorn, in die Flüssigkeit geworfen, reicht hin, um die Kristallisation einzu-

leiten. Ist die Bewegung einmal eingetreten, so pflanzt sie sich von selbst fort, das bewegte Atom gibt den Anstoß zur Bewegung des zunächstliegenden, und in dieser Weise teilt sie sich allen Atomen mit.
Bringen wir metallisches Quecksilber in eine Auflösung von Schwefelleber (Verbindung von Schwefel und Natrium), so bedeckt sich die Oberfläche sogleich mit schwarzem, amorphem (formlosem) Schwefelquecksilber, was sich eben so oft erneuert, als man die Oberfläche hinwegnimmt. Befestigen wir diese Mischung in einer gutverschlossenen Glasflasche an den Rahmen einer Säge in einer Sägemühle, der sich in der Stunde mehrere tausendmal auf- und abbewegt, so geht das schwarze Pulver in den schönsten roten Zinnober über, der sich von dem schwarzen nur durch seine kristallinische Beschaffenheit unterscheidet.
Das gewöhnliche Roheisen verdankt seine Härte, seine Zersprengbarkeit und seine kristallinische Beschaffenheit einem Gehalte von Kohle. Das reine kohlenfreie Eisen ist nur höchst selten kristallinisch. Darin unterscheidet sich eben das Eisen in den Meteorsteinen von dem Spiegeleisen, daß es bei dem bestimmtest ausgedrückten kristallinischen Gefüge die größte Weichheit, so wie etwa ein sehr reines Schmiedeeisen, besitzt. Aber eine Stange Schmiedeeisen ist im Bruch zähe, fadenförmig, und zeigt keine Durchgangsflächen von Kristallen, die kleinsten Teilchen sind ohne alle Ordnung durcheinander lagernd. Im polierten Zustande mit einer Säure befeuchtet, zeigt seine Oberfläche die eigentümlichen Zeichnungen

nicht, welche dem kristallinischen Eisen angehören. Wenn aber die Stange lange Zeit hindurch schwachen, aber sich stets wiederholenden Hammerschlägen ausgesetzt wird, so sieht man, daß die kleinsten Teilchen, die Eisenatome, ihre Lage ändern, daß sie sich infolge der auf sie einwirkenden mechanischen Bewegung nach der Richtung ihrer stärksten Anziehung lagern; die Stange wird kristallinisch, sie wird brüchig wie Gußeisen, der Bruch ist nicht mehr fadenförmig, sondern glatt und glänzend. Diese Erscheinung tritt an den eisernen Achsen der Lokomotiven und Reisewagen mehr oder weniger rasch ein, und ist die Ursache von nicht vorherzusehenden Unfällen.

Aber nicht bloß auf die äußere Form und Beschaffenheit, auf die Lagerung gleichartiger Teilchen haben mechanische Kräfte einen bedingenden Einfluß, sondern auch auf die Ordnungsweise der ungleichartigen Atome, auf das Bestehen von chemischen Zusammensetzungen. Die schwächste Reibung, ein Stoß bringt das Knallquecksilber, das Knallsilber zum Explodieren, die Berührung mit dem Barte einer Feder reicht hin, um das Silberoxydammoniak, den Jodstickstoff zu zerlegen. Das bloße Inbewegungsetzen der Atome ändert in diesen Fällen die Richtung der chemischen Anziehung, sie ordnen sich infolge der eingetretenen Bewegung zu neuen Gruppen; ihre Elemente treten zu neuen Produkten zusammen.

Weit häufiger und sichtbarer noch ist der Einfluß, den die Wärme auf die Äußerung der Affinität aus-

übt. Insofern sie Widerstände überwindet, die sich der Wirkung der Verwandtschaft entgegensetzt, befördert und vermittelt sie die Bildung chemischer Verbindungen; tritt sie selbst als Widerstand der Verwandtschaft entgegen, so ändert sie die Richtung der Anziehung, die Lagerung der Atome, sie hindert und vernichtet ihre Äußerungen. In niederen Wärmegraden ist die Anziehung, welche die ungleichartigen Atome zueinander haben, eine andere als in höheren; in den denkbar höchsten Hitzegraden findet die chemische Verbindung nicht mehr statt.

In einer Auflösung von Kochsalz in Wasser bilden sich, im Winter einem hohen Kältegrad ausgesetzt, große, schöne, durchsichtige, wasserhelle Säulen, welche über achtunddreißig Prozent Wasser in chemischer Verbindung enthalten; das bei gewöhnlicher Lufttemperatur kristallisierte Kochsalz ist immer wasserfrei. Bei der leisesten Berührung mit der Hand werden die wasserhaltigen Kristalle milchweiß undurchsichtig, in die Hand genommen zerfließen sie zu einem Brei von kleinen Würfeln von gewöhnlichem Kochsalz. Bei — 10° gehen die Kochsalzatome mit den Wasseratomen eine chemische Verbindung ein, bei 0° besitzen beide diesen Grad der Anziehung nicht mehr. Der schwache Unterschied von zehn Temperaturgraden ist als Widerstand gegen die Verwandtschaft groß genug, um die Wirkung der letzteren aufzuheben.

Wenn kohlensaurer Kalk aus kaltem Wasser kristallisiert, so lagern sich seine Teilchen in der Form des

isländischen Doppelspates ab; aus warmem Wasser kristallisiert, erhalten wir ihn in der Form des Arragonits. Beide Mineralien, so unvereinbar in ihrer Kristallgestalt, so verschieden in ihrer Härte, ihrem spezifischen Gewichte, ihrem Lichtbrechungsvermögen, enthalten absolut die nämlichen Mengen Kohlensäure und Kalk. Wir sehen in diesem Beispiel, daß die festwerdenden Teilchen des kohlensauren Kalkes unter dem Einflusse eines erhöhten Wärmegrades zu einem physikalisch ganz andern Körper sich gestalten. Noch merkwürdiger aber ist, daß, wenn wir einen Arragonitkristall zum schwachen Glühen erhitzen, wenn wir ihn also einem höheren Wärmegrad aussetzen, als der ist, in welchem er sich gebildet hat, alsdann eine Bewegung durch seine ganze Masse hindurch eintritt; ohne im geringsten sein Gewicht zu ändern, bläht er sich blumenkohlartig auf und verwandelt sich in ein Haufwerk von feinen Kristallen, von denen ein jedes die rhomboëdrische Gestalt des gewöhnlichen Kalkspates besitzt.

Ein Hühnerei erleidet durch den Einfluß der Temperatur von fünfundsiebenzig Grad eine gänzliche Veränderung in allen seinen Eigenschaften; das flüssige, kaum gelblich gefärbte Eiweiß wird weiß porzellanartig, seine kleinsten Teilchen verlieren alle Beweglichkeit. Ohne daß von außen etwas hinzutritt oder hinweggenommen wird, sehen wir die merkwürdigste Umwandlung: vor dem Erhitzen waren die Eiweißteile löslich, mischbar in allen Verhältnissen mit Wasser, infolge der durch die Wärme eingetretenen

Bewegung verloren sie diese Fähigkeit, ihre Atome ordneten sich zu einer neuen Gruppe; von dieser neuen Lagerungsweise rühren die veränderten Eigenschaften her. Die in den Eiweißteilchen tätigen chemischen Kräfte sind die letzte Ursache der neuen Lagerungsweise; in der neu gewonnenen Form äußern sie jetzt gegen die einwirkend störende Ursache, gegen die Wärme nämlich, einen Widerstand, der ihnen ursprünglich fehlte.

In dieser Weise verhalten sich alle organischen Körper. Ohne Ausnahme sind sie alle durch den Einfluß mehr oder minder hoher Hitzgrade veränderlich und zerstörbar. Der Widerstand, den ihre Atome, den die in ihnen tätige Kraft der störenden Ursache entgegensetzt, zeigt sich stets in einer neuen Lagerungsweise. Aus einem zusammengesetzten Atom entstehen eine oder zwei oder drei neue Gruppen von Atomen in einer solchen Ordnung, daß sich stets ein Gleichgewichtszustand herstellt. In den neugebildeten Produkten ist der Widerstand der chemischen Kraft stärker als in dem ursprünglichen Körper, die Summe der Verwandtschaftskraft wird nicht größer, sie wird nur nach einer Richtung hin stärker und intensiver.

Was hier unter der Richtung gemeint ist, wird man sich am besten durch die Betrachtung eines Wasserteilchens in der Mitte eines Glases voll Wasser versinnlichen.

Das Wasserteilchen in der Mitte wird von allen Wasserteilchen in seiner unmittelbaren Umgebung angezogen und übt in ganz gleichem Grade eine An-

ziehung gegen sie aus, nach keiner Seite hin eine stärkere als nach der anderen. Die große Beweglichkeit und Verschiebbarkeit des Wasserteilchens beruht eben darauf, daß sich alle darauf wirkenden anziehenden Kräfte im Zustand des Gleichgewichts befinden. Die kleinste äußere Kraft reicht hin, um es von seiner Stelle zu bewegen, der geringste Temperaturunterschied, der seine Dichtigkeit vergrößert oder verringert, verursacht einen Wechsel seines Platzes. Wäre es nach einer Seite hin stärker angezogen als nach der andern, so würde es sich nach dieser Richtung hin bewegen; es würde ein gewisses Maß von Kraft bedürfen, um es von dem Ort der Anziehung loszureißen. Gerade in diesem Zustande befinden sich die Wasserteilchen der Oberfläche des Wassers. Sie sind minder beweglich als die unteren; wie durch einen äußeren Druck sind sie näher beieinander, dichter, zusammengezogener. Mit einiger Vorsicht läßt sich eine feine Stahlnadel auf der Oberfläche schwimmend erhalten, welche eingetaucht mit Schnelligkeit zu Boden fällt. Dieser stärkere Zusammenhang rührt daher, daß die Wasserteilchen der Oberfläche nur nach einer Richtung hin angezogen werden und Anziehung äußern. Der anziehenden Kraft von unten stellt sich keine Anziehung von darüberliegenden Wasserteilchen als Widerstand entgegen. Um abwärts zu fallen, müssen die Wasserteilchen der Oberfläche der Nadel notwendig Platz machen, ausweichen, sie müssen von ihrer Stelle geschoben werden; allein sie weichen nicht aus, obwohl die Nadel einen

sieben- bis achtmal größeren Druck auf sie ausübt als ein gleich großes Stückchen Wasser.

In ganz gleicher Weise verhält sich in den chemischen Verbindungen die anziehende Kraft, welche die Bestandteile zusammenhält. Mit der Anzahl der Elemente, mit der Anzahl der Atome, die zu einer Gruppe vereinigt werden, vervielfältigen sich die Richtungen der anziehenden Kraft; die Stärke der Anziehung nimmt in dem nämlichen Verhältnis, wie die Vielheit der Richtungen ab. Zwei Atome, zu einer Verbindung vereinigt, können sich nur von einer Seite her anziehen, die ganze Summe ihrer anziehenden Kraft äußert sich in dieser einzigen Richtung; tritt ein zweites, ein drittes Atom hinzu, so muß ein Teil von dieser Kraft verwendet werden, um auch diese anzuziehen und festzuhalten. Die natürliche Folge davon ist, daß die Anziehung aller Atome zueinander schwächer wird, daß sie äußeren Ursachen, die sie von ihrem Platze zu verschieben streben, einen geringeren Widerstand als vorher entgegensetzen.

Darin liegt der große Unterschied der organischen Körper von den Mineralsubstanzen, daß sie Verbindungen höherer Ordnungen sind; obwohl nur aus drei oder vier, höchstens fünf Elementen bestehend, sind ihre Atome dennoch weit zusammengesetzter. Ein Kochsalz-, ein kleinstes Zinnoberteilchen stellt eine Gruppe von nicht mehr als zwei Atomen dar, ein Zuckeratom hingegen enthält sechsunddreißig, ein kleinstes Olivenölteilchen enthält mehrere hundert einfache Atome. In dem Kochsalz äußert sich die

Affinität nur nach einer, in dem Zuckeratom nach sechsunddreißig verschiedenen Richtungen hin. Ohne daß etwas hinzukommt oder hinweggenommen wird, können wir uns die sechsunddreißig einfachen Atome in dem Zuckeratome auf tausend verschiedene Weisen geordnet denken; mit jeder Änderung in der Lage eines einzigen von ihnen hört das zusammengesetzte Atom auf, ein Zuckeratom zu sein; denn seine ihm angehörenden Eigenschaften wechseln mit der Art der Lagerung seiner Atome.

Auf die organischen Atome, sowie auf alle Atome höherer Ordnungen müssen Ursachen von Bewegung, von Störung der Verwandtschaft Veränderungen hervorzubringen vermögend sein, welche auf einfacher zusammengesetzte Atome, auf Mineralsubstanzen z. B., ohne allen zersetzenden Einfluß sind.

Von der größeren Zusammengesetztheit und der geringeren Kraft, mit welcher die Elemente der organischen Körper sich gegenseitig anziehen, hängt ihre leichtere Zersetzbarkeit durch die Wärme z. B. ab. Ihre Atome, einmal in Bewegung gesetzt oder durch die Wirkung der Wärme in größere Entfernung voneinander gebracht, ordnen sich zu einfachen zusammengesetzten Atomen, in welchen die anziehende Kraft nach einer geringeren Anzahl von Richtungen hin wirkt und in welchen sie weiteren Störungen einen desto stärkeren Widerstand entgegensetzt.

In ganz gleicher Weise wie die Wärme bei den anorganischen Verbindungen ist Wärme, Licht und vorzüglich die Lebenskraft die bedingende Ursache der

Form und der Eigenschaften der in den Organismen erzeugten Verbindungen; sie bestimmt die Anzahl der Atome, die sich vereinigen, und die Art und Weise ihrer Lagerung. Wir können einen Alaunkristall aus seinen Elementen, aus Schwefel, Sauerstoff, Kalium und Aluminium zusammensetzen, weil wir bis zu einer gewissen Grenze frei über ihre chemische Verwandtschaft, sowie über die Wärme und damit über die Ordnung verfügen können; allein ein Stärkekörnchen können wir aus seinen Elementen nicht zusammensetzen, weil zu ihrem Zusammentreten in der dem Stärkekorn eigentümlichen Form die Lebenskraft mitwirkte, die unserem Willen nicht in gleicher Weise wie Wärme, Licht, Schwerkraft usw. zu Gebote steht. Sind aber die Elemente in dem Organismus einmal zu organischen Atomen zusammengetreten, so gehören sie in die Klasse der übrigen chemischen Verbindungen; wir sind imstande, die in ihren Atomen tätige Kraft, welche sie zusammenhält, nach mannigfaltigen Richtungen hin zu lenken, zu ändern, zu erhöhen und zu vernichten; wir können aus zwei, drei, vier zusammengesetzten organischen Atomen, indem wir sie miteinander verbinden, Atome höherer Ordnungen hervorbringen; wir können die zusammengesetzteren in einfachere zerfallen machen; aus Holz und Stärke können wir Zucker, aus Zucker können wir Oxalsäure, Milchsäure, Essigsäure, Aldehyd, Alkohol, Ameisensäure, wie wohl keine einzige dieser Verbindungen direkt aus ihren Elementen hervorbringen.

Auf das Zusammentreten der Elemente zu einer chemischen Verbindung hat die Lebenskraft nicht den geringsten Einfluß; kein Element für sich ist fähig, zur Ernährung, zur Entwickelung einer Pflanze oder des tierischen Organismus zu dienen. Alle Stoffe, welche Anteil an dem Lebensprozeß nehmen, sind niedere Gruppen von einfachen Atomen, die durch den Einfluß der Lebenskraft zu Atomen höherer Ordnungen zusammentreten. Die Form, die Eigenschaften der einfachsten Gruppen von Atomen, bedingt die chemische Kraft unter der Herrschaft der Wärme, die Form und Eigenschaften der höheren, der organisierten Atome bedingt die Lebenskraft[1]).

## Nahrungsaufnahme, Atmung und Wärme bei Tieren und Menschen

Zu den ersten Bedingungen der Unterhaltung des tierischen Lebens gehört die Aufnahme von Nahrung (Stillung des Hungers) und von Sauerstoff aus der Luft (Atmungsprozeß). In jedem Zeitteilchen seines Lebens nimmt der Mensch durch die Atmungsorgane Sauerstoff auf. Nie ist, solange das Tier lebt, ein Stillstand bemerklich. Die Beobachtungen der Phy-

[1]) Die Mehrzahl der heutigen Biologen glaubt nicht mehr an die Existenz einer besonderen Lebenskraft. Die Ausführungen Liebigs behalten aber trotzdem ihren Wert, da wir auch heute die Lebensvorgänge nach den uns bekannten Gesetzen der Physik und Chemie nicht erklären können: sie haben ihre besondere Gesetzmäßigkeit. Aber diese Gesetzmäßigkeit zwingt nicht zur Annahme einer mystischen Lebenskraft.

siologen zeigen, daß der Körper eines erwachsenen Menschen nach vierundzwanzig Stunden bei hinlänglicher Nahrung an Gewicht weder zu- noch abgenommen hat. Dennoch ist die Menge von Sauerstoff, die in dieser Zeit in seinen Organismus aufgenommen wurde, höchst beträchtlich. Nach Lavoisiers und Menzies Versuchen werden von einem erwachsenen Mann in einem Jahre 7—800 Pfund Sauerstoffgas aus der Atmosphäre in seinen Körper aufgenommen, und dennoch finden wir sein Gewicht zu Anfang und zu Ende des Jahres entweder ganz unverändert, oder die Ab- und Zunahme bewegt sich um wenige Pfunde. Wo ist, kann man fragen, dieses enorme Gewicht an Sauerstoff hingekommen, das ein Individuum im Verlaufe eines Jahres in sich aufnimmt? Diese Frage ist mit befriedigender Sicherheit gelöst: kein Teil des aufgenommenen Sauerstoffs bleibt im Körper, sondern er tritt in der Form einer Kohlenstoff- oder einer Wasserstoffverbindung wieder aus. Der Kohlenstoff und der Wasserstoff von gewissen Bestandteilen des Tierkörpers haben sich mit dem durch die Haut und Lunge aufgenommenen Sauerstoff verbunden, sie sind als Kohlensäure und Wasserdampf wieder ausgetreten. Mit jedem Atemzuge, in jedem Lebensmomente trennen sich von dem Tierorganismus gewisse Mengen seiner Bestandteile, nachdem sie mit dem Sauerstoff der atmosphärischen Luft eine Verbindung in dem Körper selbst eingegangen sind. Wenn wir die Blutmenge in dem Körper eines Menschen zu 12 Pfund bei einem Wassergehalt von

80 Prozent annehmen, so ergibt sich aus der bekannten Zusammensetzung des Blutes, daß zu einer völligen Verwandlung des Kohlenstoffs und Wasserstoffs im Blut in Kohlensäure und Wasser eine Quantität Sauerstoff nötig ist, die in zwei bis drei Tagen in den Körper eines erwachsenen Menschen aufgenommen wird.

Gleichgültig, ob der Sauerstoff an die Bestandteile des Blutes tritt oder an andere kohlen- und wasserstoffreiche Materien im Körper, es kann dem Schlusse nichts entgegengesetzt werden, daß dem menschlichen Körper in zwei Tagen und fünf Stunden so viel an Kohlen- und Wasserstoff in seinen Nahrungsmitteln wieder zugeführt werden muß, als nötig wäre, 12 Pfund Blut mit diesen Bestandteilen zu versehen, vorausgesetzt, daß das Gewicht des Körpers sich nicht ändern, daß er seine normale Beschaffenheit behaupten soll.

Diese Zufuhr geschieht durch die Speisen.

Aus der genauen Bestimmung der Kohlenstoffmenge, welche durch die Speisen in den Körper aufgenommen wird, sowie durch die Ausmittelung derjenigen Quantität, welche durch die festen Auswurfstoffe und den Urin unverbrannt oder, wenn man will, in einer anderen Form als in der einer Sauerstoffverbindung wieder austritt, ergibt sich, daß ein erwachsener Mann, im Zustande mäßiger Bewegung, täglich 434 g Kohlenstoff verzehrt. Diese 434 g Kohlenstoff entweichen aus Haut und Lunge in der Form von kohlensaurem Gas. Zur Verwandlung in kohlensaures Gas bedürfen

diese 434 g Kohlenstoff 1157 g Sauerstoff. Nach den analytischen Bestimmungen von Bouſſingault verzehrte ein Pferd in 24 Stunden 2,484 kg Kohlenstoff, eine milchgebende Kuh 2,218 kg, ein Schwein, das mit Kartoffeln gefüttert wurde, 672 g. Die hier angeführten Kohlenstoffmengen sind als Kohlensäure aus ihrem Körper getreten; das Pferd hat in 24 Stunden für die Überführung des Kohlenstoffs in Kohlensäure 6,624 kg und die Kuh 5,915 kg Sauerstoff verbraucht. Da kein Teil des aufgenommenen Sauerstoffs in einer anderen Form als in der einer Kohlen- oder Wasserstoffverbindung wieder aus dem Körper tritt, da ferner bei normalem Gesundheitszustande der ausgetretene Kohlen- und Wasserstoff wieder ersetzt wird durch Kohlen- und Wasserstoff, den wir in den Speisen zuführen, so ist klar, daß die Menge von Nahrung, welche der tierische Organismus zu seiner Erhaltung bedarf, in geradem Verhältnis zu dem aufgenommenen Sauerstoff steht.

Zwei Tiere, die in gleichen Zeiten ungleiche Mengen von Sauerstoff durch Haut und Lunge in sich aufnehmen, verzehren in einem ähnlichen Verhältnis ein ungleiches Gewicht von der nämlichen Speise.

In gleichen Zeiten ist der Sauerstoffverbrauch ausdrückbar durch die Anzahl der Atemzüge; es ist klar, daß bei einem und demselben Tiere die Menge der zu genießenden Nahrung wechselt je nach der Stärke und Anzahl der Atemzüge.

Ein Kind, dessen Atmungswerkzeuge sich in größerer Tätigkeit befinden, muß häufiger und verhältnismäßig

mehr Nahrung zu ſich nehmen als ein Erwachſener; es kann den Hunger weniger leicht ertragen. Ein Vogel ſtirbt bei Mangel an Nahrung den dritten Tag; eine Schlange, die in einer Stunde, unter einer Glasglocke atmend, kaum ſo viel Sauerſtoff verzehrt, daß die davon erzeugte Kohlenſäure wahrnehmbar iſt, lebt drei Monate und länger ohne Nahrung.

Im Zuſtand der Ruhe beträgt die Anzahl der Atemzüge weniger als im Zuſtand der Bewegung und Arbeit. Die Menge der in beiden Zuſtänden notwendigen Nahrung muß in dem nämlichen Verhältnis ſtehen.

Ein Überfluß von Nahrung und Mangel an eingeatmetem Sauerſtoff (an Bewegung), ſowie ſtarke Bewegung (die zu einem größeren Maß von Nahrung zwingt) und ſchwache Verdauungsorgane ſind unverträglich miteinander.

Die Menge des Sauerſtoffs, welche ein Tier durch die Lunge aufnimmt, iſt aber nicht allein abhängig von der Anzahl der Atemzüge, ſondern auch von der Größe und dem Umfang der Lungen und von der Schnelligkeit, mit welcher das Blut ſeinen Ort wechſelt. Die Anzahl der Pulsſchläge in einer gegebenen Zeit gibt ein ziemlich genaues Maß für die Geſchwindigkeit ab, mit welcher das Blut durch die Lungen ſtrömt, obwohl damit die Menge des zufließenden Blutes, welche von der Größe oder dem inneren Raume der Herzkammer abhängig iſt, nicht gemeſſen werden kann. Alle dieſe Verhältniſſe üben einen beſtimmten Einfluß auf den Sauerſtoffverbrauch

und in dessen Folge auf die Menge der zu genießenden Speise aus. Zwei Individuen mit ungleichen Pulsschlägen oder ungleich großen Lungen verbrauchen unter gleichen Verhältnissen ein ungleiches Maß von Nahrung; das mit der kleineren Lunge verbraucht weniger. Wenn beide gleich viel Speisen verzehren, so kann der Fall eintreten, daß der eine mager bleibt, während der andere fett wird. Die richtige Beurteilung der Brusthöhle gibt den erfahrenen Landwirten einen sicheren Anhaltspunkt zur Schätzung des Milchertrags zweier Kühe oder der Mastfähigkeit zweier Ochsen oder Schweine von sonst gleicher Beschaffenheit ab.

Alle lebende Wesen, deren Existenz auf einer Einsaugung von Sauerstoff beruht, besitzen eine von der Umgebung unabhängige Wärmequelle. Diese Wahrheit bezieht sich auf alle Tiere, sie erstreckt sich auf den keimenden Samen, auf die Blüte der Pflanze und auf die reifende Frucht. Nur in den Teilen des Tieres, zu welchen arterielles Blut, und durch dieses der in dem Atmungsprozeß aufgenommene Sauerstoff gelangen kann, wird Wärme erzeugt. Haare, Wolle, Federn besitzen keine eigentümliche Temperatur. Diese höhere Temperatur des Tierkörpers, oder wenn man will, Wärmeausscheidung, ist überall und unter allen Umständen die Folge der Verbindung einer brennbaren Substanz mit Sauerstoff. In welcher Form sich auch der Kohlenstoff mit Sauerstoff verbinden mag, der Akt der Verbindung kann nicht vor sich gehen, ohne von Wärmeentwickelung begleitet zu

ſein; gleichgültig, ob ſie langſam oder raſch erfolgt, ob ſie in höherer oder niederer Temperatur vor ſich geht, ſtets bleibt die freigewordene Wärmemenge eine unveränderliche Größe. Wenn wir uns denken, daß ſich der Kohlenſtoff der Speiſen im Tierkörper in Kohlenſäure verwandele, muß ebenſoviel Wärme entwickelt werden, als wenn er in der Luft oder im Sauerſtoff direkt verbrannt worden wäre; der einzige Unterſchied iſt der, daß die erzeugte Wärmemenge ſich auf ungleiche Zeiten verteilt. In reinem Sauerſtoffgas geht die Verbrennung ſchneller vor ſich, die Temperatur iſt höher; in der Luft langſamer, die Temperatur iſt niedriger, ſie hält aber länger an.

Es iſt klar, daß mit der Menge des in gleichen Zeiten durch den Atmungsprozeß zugeführten Sauerſtoffs die Anzahl der freigewordenen Wärmegrade zu- oder abnehmen muß. Tiere, welche raſch und ſchnell atmen und demzufolge viel Sauerſtoff verzehren, beſitzen eine höhere Temperatur als andere, die in derſelben Zeit, bei gleichem Volumen des zu erwärmenden Körpers, weniger in ſich aufnehmen; ein Kind mehr (39°) als ein erwachſener Menſch (37,5°), ein Vogel mehr (40 bis 41°) als ein vierfüßiges Tier (37 bis 38°), als ein Fiſch oder Amphibium, deſſen Eigentemperatur ſich $1^1/_2$ bis 2° über die Umgebung erhebt. Alle Tiere ſind warmblütig; allein nur bei denen, welche durch Lungen atmen, iſt die Eigenwärme ganz unabhängig von der Temperatur der Umgebung.

Die zuverlässigsten Beobachtungen beweisen, daß in allen Klimaten, in der gemäßigten Zone sowohl als am Äquator oder an den Polen, die Temperatur des Menschen, sowie die aller sogenannten warmblütigen Tiere niemals wechselt; allein wie verschieden sind die Zustände, in denen sie leben!

Der Tierkörper ist ein erwärmter Körper, der sich zu seiner Umgebung verhält wie alle warme Körper; er empfängt Wärme, wenn die äußere Temperatur höher, er gibt Wärme ab, wenn sie niedriger ist als seine eigene Temperatur.

Wir wissen, daß die Schnelligkeit der Abkühlung eines warmen Körpers wächst mit der Differenz seiner eigenen Temperatur und der seiner Umgebung, d. h. je kälter diese ist, in desto kürzerer Zeit kühlt sich der warme Körper ab.

Wie ungleich ist aber der Wärmeverlust, den ein Mensch in Palermo erleidet, wo die äußere Temperatur beinahe gleich ist der Temperatur des Körpers, und der eines Menschen, der am Pole lebt, wo die Temperatur 40 bis 50° niedriger ist!

Trotz dieses so höchst ungleichen Wärmeverlustes zeigt die Erfahrung, daß das Blut des Polarländers keine niedrigere Temperatur besitzt als das des Südländers, der in einer so verschiedenen Umgebung lebt.

Diese Tatsache, ihrer wahren Bedeutung nach anerkannt, beweist, daß der Wärmeverlust in dem Tierkörper eben so schnell erneuert wird; im Winter erfolgt diese Erneuerung schneller als im Sommer, am Pole rascher wie am Äquator.

In verschiedenen Klimaten wechselt nun die Menge des durch die Atmung in den Körper tretenden Sauerstoffs nach der Temperatur der äußeren Luft. Mit dem Wärmeverlust durch Abkühlung steigt die Menge des eingeatmeten Sauerstoffs; die zur Verbindung mit diesem Sauerstoff nötige Menge Kohlenstoff oder Wasserstoff muß in einem ähnlichen Verhältnis zunehmen. Es ist klar, daß der Wärmeersatz bewirkt wird durch die Wechselwirkung der Bestandteile der Speisen, die sich mit dem eingeatmeten Sauerstoff verbinden. Um einen trivialen, aber deswegen nicht minder richtigen Vergleich anzuwenden, verhält sich in dieser Beziehung der Tierkörper wie ein Ofen, den wir mit Brennmaterial versehen. Gleichgültig, welche Formen die Speisen nach und nach im Körper annehmen, welche Veränderungen sie auch erleiden mögen, die letzte Veränderung, die sie erfahren können, ist eine Verwandlung ihres Kohlenstoffs in Kohlensäure, ihres Wasserstoffs in Wasser; der Stickstoff und der unverbrannte Kohlenstoff werden in dem Urin und den festen Auswurfstoffen abgeschieden. Um eine gleichmäßige Temperatur im Ofen zu haben, müssen wir, je nachdem die äußere Temperatur wechselt, eine ungleiche Menge von Brennmaterial einschieben.

In Beziehung auf den Tierkörper sind die Speisen das Brennmaterial; bei gehörigem Sauerstoffzutritt erhalten wir die durch ihre Oxydation freiwerdende Wärme. Im Winter, bei Bewegung in kalter Luft, wo die Menge des eingeatmeten Sauerstoffs zu-

nimmt, wächst in dem nämlichen Verhältnis das Bedürfnis nach kohlen- und wasserstoffreichen Nahrungsmitteln, und in der Befriedigung dieses Bedürfnisses erhalten wir den wirksamsten Schutz gegen die grimmigste Kälte.

Das aufgenommene Sauerstoffgas tritt im Sommer und Winter, in ähnlicher Weise verändert, wieder aus; wir atmen in niederer Temperatur mehr Kohlenstoff aus als in höherer, und wir müssen in dem nämlichen Verhältnis mehr oder weniger Kohlenstoff in den Speisen genießen, in Schweden mehr wie in Sizilien, in unseren Gegenden im Winter ein ganzes Achtel mehr als im Sommer. Selbst wenn wir dem Gewicht nach gleiche Quantitäten Speise in kalten und warmen Gegenden genießen, so hat eine unendliche Weisheit die Einrichtung getroffen, daß diese Speisen höchst ungleich in ihrem Kohlenstoffgehalte sind. Die Früchte, welche der Südländer genießt, enthalten im frischen Zustande nicht über 12 Prozent Kohlenstoff, während der Speck und Tran des Polarländers 66 bis 80 Prozent Kohlenstoff enthalten. Es ist keine schwere Aufgabe, sich in warmen Gegenden der Mäßigkeit zu befleißigen, oder lange Zeit den Hunger unter dem Äquator zu ertragen; allein Kälte und Hunger reiben in kurzer Zeit den Körper auf. Ein Hungernder friert. Jedermann weiß, daß die Raubtiere der nördlichen Klimate an Gefräßigkeit weit denen der südlichen Gegenden voranstehen.

In der kalten und gemäßigten Zone treibt uns die Luft, die ohne Aufhören den Körper zu verzehren

ſtrebt, zur Arbeit und Anſtrengung, um uns die Mittel zum Widerſtande gegen ihre Einwirkung zu ſchaffen, während in heißen Klimaten die Anforderungen zur Herbeiſchaffung von Speiſe bei weitem nicht ſo dringend ſind.

Unſere Kleider ſind in Beziehung auf die Temperatur des Körpers Erſatzwerte für die Speiſen; je wärmer wir uns kleiden, deſto mehr vermindert ſich bis zu einem gewiſſen Grade das Bedürfnis zu eſſen, eben weil der Wärmeverluſt, die Abkühlung und damit der Erſatz durch Speiſen kleiner wird. Gingen wir nackt wie die Indianer, oder wären wir beim Jagen und Fiſchen denſelben Kältegraden ausgeſetzt wie der Samojede, ſo würden wir ein halbes Kalb und noch obendrein ein Dutzend Talglichter bewältigen können, wie uns warmbekleidete Reiſende mit Verwunderung erzählt haben; wir würden dieſelbe Menge Branntwein oder Tran ohne Nachteil genießen können, eben weil ihr Kohlen- und Waſſerſtoffgehalt dazu dient, um ein Gleichgewicht mit der äußeren Temperatur hervorzubringen.

Die Menge der zu genießenden Speiſen richtet ſich nach den vorhergehenden Auseinanderſetzungen nach der Anzahl der Pulsſchläge und Atemzüge, nach der Temperatur der Luft und nach dem Wärmequantum, das wir nach außen hin abgeben. Keine vereinzelte dem entgegenſtehende Tatſache kann die Wahrheit dieſes Naturgeſetzes ändern.

Die Abkühlung des Körpers, durch welche Urſache es auch ſei, bedingt ein größeres Maß von Speiſe.

Der bloße Aufenthalt in freier Luft, gleichgültig ob im Reisewagen oder auf dem Verdeck von Schiffen, erhöht durch Strahlung und gesteigerte Verdunstung den Wärmeverlust, selbst ohne vermehrte Bewegung; er zwingt uns, mehr als gewöhnlich zu essen. Dasselbe muß für Personen gelten, welche gewohnt sind, große Quantitäten kaltes Wasser zu trinken, welches auf 37° erwärmt wieder abgeht; — es vermehrt den Appetit, und schwächliche Konstitutionen müssen durch anhaltende Bewegung den zum Ersatz der verlorenen Wärme nötigen Sauerstoff dem Körper hinzuführen. Starkes und anhaltendes Sprechen und Singen, das Schreien der Kinder, feuchte Luft, alles dies übt einen bestimmten nachweisbaren Einfluß auf die Menge der zu genießenden Speise aus.

Der ungleiche Wärmeverlust im Sommer und Winter, in einem warmen oder kalten Klima, ist nicht die einzige der Bedingungen, welche ungleiche Maße von Nahrung nötig machen; es gibt noch andere, welche einen ganz bestimmten Einfluß auf die Menge der zur Erhaltung der Gesundheit notwendigen Speise ausüben.

Hierzu gehört namentlich die körperliche Bewegung und alle Art von körperlicher Arbeit und Anstrengung. Der Verbrauch an mechanischer Kraft durch den Körper ist immer gleich einem Verbrauch von Stoff in dem Körper, welcher durch die Speisen ersetzt werden muß. Dem Tiere muß, wenn es arbeitet, ein gewisses Quantum von Futter zugesetzt werden. Eine Steigerung der Arbeit und Anstrengung über eine

gewisse Grenze hinaus ohne eine entsprechende Vermehrung der Nahrung ist auf die Dauer hin nicht möglich; die Gesundheit des Tieres wird dadurch gefährdet.

Der Verbrauch an Körperteilen oder der Kraftverbrauch steht aber immer in einem gewissen Verhältnis zu dem Sauerstoffverbrauch im Atmungsprozeß, und die Menge des in einer gegebenen Zeit in den Körper aufgenommenen Sauerstoffs bestimmt in allen Jahreszeiten und in allen Klimaten der Welt das zur Wiederherstellung des Gleichgewichts nötige Maß der Speisen.

Während der Arbeiter bei gleichem Kraft- und Sauerstoffverbrauch im Winter dem Wärmeverlust durch wärmende Kleidung (schlechte Wärmeleiter) vorbeugen muß, arbeitet er im Sommer in Schweiß gebadet. Ist die Menge der genossenen Nahrung und des aufgenommenen Sauerstoffs gleich, so ist auch die Menge der entwickelten Wärme gleich.

Der ganze Atmungsprozeß erscheint in völliger Klarheit, wenn wir den Zustand eines Menschen oder Tieres bei Enthaltung von aller Speise ins Auge fassen. Die Atembewegungen bleiben ungeändert, es wird nach wie vor Sauerstoff aus der Atmosphäre aufgenommen und Kohlensäure und Wasserdampf ausgeatmet. Wir wissen mit unzweifelhafter Bestimmtheit, woher der Kohlen- und Wasserstoff stammt, denn mit der Dauer des Hungers sehen wir den Kohlen- und Wasserstoff des Körpers sich vermindern.

Die erste Wirkung des Hungers ist ein Verschwinden des Fettes. Dieses Fett ist weder in den sparsamen Fäces, noch im Urin nachweisbar, sein Kohlen- und Wasserstoff sind durch Haut und Lunge in der Form einer Sauerstoffverbindung ausgetreten; es ist klar, diese Bestandteile haben zur Atmung gedient.

Jeden Tag treten 1,015 kg Sauerstoff ein und nehmen beim Austreten einen Teil von dem Körper des Hungernden mit. Currie sah einen Kranken, der nicht schlingen konnte, während eines Monats über 100 Pfund an seinem Gewichte verlieren, und ein fettes Schwein, das durch einen Bergsturz verschüttet wurde, lebte 160 Tage ohne Nahrung und hatte über 120 Pfund am Gewichte verloren.

Das Verhalten der Winterschläfer, sowie die periodenweise Ansammlung von Fett bei anderen Tieren, von Fett, das in anderen Perioden ihres Lebens verschwindet, ohne eine Spur zu hinterlassen, alle diese wohlbekannten Tatsachen beweisen, daß der Sauerstoff in dem Atmungsprozeß eine Auswahl unter den Stoffen trifft, die sich zu einer Verbindung mit ihm eignen. Der Sauerstoff verbindet sich mit denjenigen Stoffen zuerst und vorzugsweise, welche die größte Anziehung zu demselben haben.

Bei Hungernden verschwindet aber nicht allein das Fett, sondern nach und nach alle der Löslichkeit fähigen festen Stoffe. In dem völlig abgezehrten Körper der Verhungerten sind die Muskeln dünn und unfähig, sich zusammenzuziehen. Alle Teile des Körpers, welche der Auflösung fähig waren, haben

dazu gedient, um den Reſt der Gebilde vor der alles zerſtörenden Wirkung der Atmoſphäre zu ſchützen. Zuletzt nehmen die Beſtandteile des Gehirns Anteil an dieſem Oxydationsprozeß; es erfolgt Wahnſinn, Irrereden und der Tod. Das heißt, aller Widerſtand hört völlig auf, es tritt der chemiſche Prozeß der Verweſung ein, alle Teile der Körpers verbinden ſich mit dem Sauerſtoff der Luft.

Die Zeit, in welcher ein Verhungernder ſtirbt, richtet ſich nach dem Zuſtand der Fettleibigkeit, nach dem Zuſtand der Bewegung (Anſtrengung und Arbeit), nach der Temperatur der Luft, und iſt zuletzt abhängig von der Gegenwart oder Abweſenheit des Waſſers. Durch die Haut und Lunge verdunſtet eine gewiſſe Menge Waſſer, durch deren Austreten, als der Bedingung aller Vermittelung von Bewegungen, der Tod beſchleunigt wird. Es gibt Fälle, wo bei ungeſchmälertem Waſſergenuß der Tod erſt nach 20, in einem Falle erſt nach 60 Tagen erfolgte.

In den meiſten chroniſchen Krankheiten erfolgt der Tod durch die nämliche Urſache: durch die Einwirkung der Atmoſphäre. Wenn die Stoffe fehlen, welche in dem Organismus zur Unterhaltung des Atmungsprozeſſes beſtimmt ſind, wenn die Organe des Kranken ihre Funktion verſagen, wenn ſie die Fähigkeit verlieren, zu ihrem eigenen Schutz die genoſſenen Speiſen in den Zuſtand zu verſetzen, in dem ſich ihre Beſtandteile mit dem Sauerſtoff der Luft zu verbinden vermögen, ſo wird ihre eigene Subſtanz, das Fett, das Gehirn, die Subſtanz der Muskeln und

Nerven dazu verwendet. Die von außen wirkende Ursache des Todes ist in diesen Fällen der Atmungsprozeß, die Einwirkung der Atmosphäre. Mangel an Nahrung, an Fähigkeit, sie zu Bestandteilen des Organismus zu machen, ist Mangel an Widerstand; es ist die negative Ursache des Aufhörens der Lebenstätigkeit. Die Flamme geht aus, weil das Öl verzehrt ist: es ist der Sauerstoff der Luft, der es verzehrt hat.

Die Veränderungen, welche die atmosphärische Luft in dem Atmungsprozeß erleidet, sind in der neueren Zeit mit großer Sorgfalt untersucht worden, und es ist die Bekanntschaft mit den gewonnenen Erfahrungen für die Gesundheitspflege von Wichtigkeit.

Die Lungen, als Werkstätte des Atmungsprozesses, bestehen aus einer baumförmigen Verzweigung von immer feiner werdenden Röhren, deren letzte Reiser mit kleinen Bläschen, den sogenannten Luftzellen, blind enden, und durch die Luftröhre mit der Mund- und Nasenhöhle und der äußeren Luft in Gemeinschaft stehen. Die Wandungen der Luftzellen sind von einem engen Netzwerk höchst feiner Blutgefäße durchzogen, so daß die in den Lungenzellen enthaltene Luft nur durch eine ausnehmend feine Haut von dem Blute getrennt ist, und beide durch die Flüssigkeit, welche die Gefäßwände von dem Blute aus tränkt, in unmittelbarer Berührung stehen. Die feineren Blutgefäße vereinigen sich allmählich zu größeren Zweigen und Ästen und münden in einzelnen großen Stämmen im Herzen. Die Zusammen-

ziehung des Herzens ist die nächste Ursache der Blutbewegung. Mit jedem Herzschlage bewegt sich von dem Herzen durch die Blutgefäße der Lunge beim erwachsenen Menschen, nach dem Inhalte der rechten Herzkammer berechnet, eine Blutmenge, welche von den Physiologen auf 156 bis 182 g geschätzt wird, und es fließt demnach durch die Lunge in einer Minute (auf welche man im Mittel 72 Herzschläge rechnet) die erstaunlich große Menge von über 22 bis 27 Pfund Blut. Dies ist zweimal die ganze Menge Blut, welche der Körper eines Mannes enthält.

Während das Blut mit einer so großen Geschwindigkeit durch die Blutgefäße der Lunge strömt, wechselt auf der anderen Seite durch die Atembewegungen unaufhörlich die Luft in den Luftzellen. In gesundem, ruhigem Zustande kommen auf die Minute 15 bis 16, im Zustand mäßiger Bewegung 20 Atemzüge. Bei stärkerer Bewegung nimmt die Stärke und Tiefe, sowie die Schnelligkeit der Atemzüge zu. Die Menge der ausgeatmeten Luft ist nach der Größe des Individuums und der Geräumigkeit der Brusthöhle verschieden; man kann aber annehmen, daß ein erwachsener Mensch im Mittel $^1/_2$ Liter Luft ausatmet. Bei starken und tiefen Atemzügen kann bis zu 1 Liter ein- und ausgeatmet werden.

Die menschlichen Lungen behalten beim gewöhnlichen Ausatmen sechs- bis achtmal so viel Luft in ihren Zellen zurück, als mit jedem Atemzuge umgewechselt wird. Die eintretende frische Luft mischt sich mit

der Luft in den Luftzellen, bei jedem Ausatmen wird ein Teil dieser letzteren ausgetrieben und ihr Raum von frischer Luft eingenommen.

In dem unendlich feinen Gefäßnetze der Lungen kommt demnach eine ungeheure Oberfläche von Blut durch die Wände der Luftzellen in Berührung mit der eingeatmeten Luft. Es erleidet unter diesen Umständen sogleich eine mächtige Veränderung. Die dunkle, beinahe schwarzrote Farbe des venösen Blutes, das den Körper durchlaufen hat, verwandelt sich in die hochrote des arteriellen Blutes, das den Körper durchlaufen soll; und an die neuen Eigenschaften, welche das Blut in diesem durch die Berührung mit der Luft vermittelten Farbwechsel gewinnt, ist die Fortdauer der Lebensfunktionen und des Lebens aufs engste geknüpft.

Gleichzeitig mit diesem Farbwechsel erleidet die Luft eine wesentliche Änderung in ihrer Zusammensetzung, die wir jetzt näher betrachten wollen.

Die Hauptbestandteile der atmosphärischen Luft sind Sauerstoff, Stickstoff, eine kleine Menge kohlensaures Gas und Ammoniakgas, und außer diesen kaum nachweisliche Spuren von verbrennlichen Gasen; stets enthält die Luft eine gewisse sehr wechselnde Menge Feuchtigkeit.

Die Mittel, welche die Chemiker anwenden, um die Bestandteile der Luft ihrer Menge nach zu bestimmen, sind von der größten Einfachheit. Das Kalihydrat oder sogenannte kaustische Kali saugt mehr als sein hundertfaches Volum kohlensaures Gas auf, und es ist leicht verständlich, daß man in der Ge-

wichtszunahme einer Röhre, die damit gefüllt ist und durch welche man einen Liter trockener Luft z. B. langsam geleitet hat, genau erfährt, wieviel kohlensaures Gas dieser Liter Luft enthielt. Ähnlich wie die Kohlensäure gegen Kalihydrat verhält sich der Sauerstoff der Luft gegen glühendes Kupfer, und wenn man einen Liter trockener, kohlensäurefreier Luft durch eine glühende Röhre leitet, welche mit reinen Kupferdrehspänen angefüllt ist, so bleibt aller Sauerstoff beim Kupfer, und die Gewichtszunahme der Röhre gibt genau den Sauerstoffgehalt in diesem Liter Luft an, dessen Gesamtgewicht ebenfalls bekannt ist.

In dieser Weise hat man ermittelt, daß die trockene, kohlensäurefreie Luft in 100 Volumteilen Luft 21 Volumteile (Raumteile) Sauerstoffgas enthält, der Rest ist Stickstoffgas. In gewöhnlicher atmosphärischer Luft sind im Mittel $^1/_{20}$ Volum Kohlensäuregas in 100 Volum Luft enthalten.

Die ausgeatmete Luft ist in ihrer Zusammensetzung von der atmosphärischen Luft sehr verschieden.

Bringt man in eine Glasröhre, welche an dem einen Ende verschlossen, in gleiche Volumteile eingeteilt und mit trockener ausgeatmeter Luft angefüllt ist, starke Kalilauge (etwa $^1/_{40}$ von dem Volum der Luft), so nimmt das Luftvolum sogleich ab, indem die vorhandene Kohlensäure von dem Kali hinweggenommen wird. Läßt man jetzt zu der nämlichen Kalilauge eine konzentrierte Auflösung von Pyrogallussäure treten (die Hälfte etwa vom Volum der Kalilauge), so ab-

sorbiert diese Mischung den Sauerstoff der Luft mit eben der Schnelligkeit, wie dies vom metallischen Kupfer in der Glühhitze geschieht. Es entsteht eine neue Volumabnahme der Luft, welche genau ihrem Sauerstoffgehalte entspricht. Das zurückbleibende Gas ist der Stickstoff der Luft.

In dieser Weise findet man, daß 100 Volumteile ausgeatmeter Luft bei gewöhnlichen normalen Atemzügen $4^1/_2$ bis 5 Volum Kohlensäure und $16^1/_2$ bis 15 Volum Sauerstoff enthalten. Die im Anfang ausgeatmete Luft enthält weniger, bei sehr tiefen Atemzügen noch mehr kohlensaures Gas; in manchen Fällen fand man $8^1/_2$ bis 9 Prozent.

Der Sauerstoffgehalt der reinen Luft wird demnach bei Berührung mit dem Blute in den Lungen um $^1/_5$ bis $^1/_4$ vermindert, der Kohlensäuregehalt über hundertmal größer. Es ist augenscheinlich, daß der Farbwechsel des Blutes auf einer Abscheidung von kohlensaurem Gas, welches an die Luft tritt, und einer Auffangung des Sauerstoffs, der sich mit gewissen Bestandteilen des Blutes verbindet, beruht. Eine gewisse Menge Sauerstoff tritt aus der Luft in das Blut; an die Stelle dieses Sauerstoffs empfängt die Luft ein in der Regel etwas kleineres Volum kohlensaures Gas.

Der Kohlensäuregehalt der ausgeatmeten Luft ist bei völliger Gemütsruhe, bei mäßiger Bewegung und bei niedrigem Barometerstand größer. Im allgemeinen vermindert sich der prozentische Gehalt der Luft an dieser Säure bei raschem und häufigem Atemholen,

aber die ganze Quantität der in einer gegebenen Zeit ausgeatmeten Kohlensäure ist in letzterem Fall weit größer. Nach den hierüber angestellten Beobachtungen hat man gefunden, daß bei 6 Atemzügen in der Minute die ausgeatmete Luft 5,7 Prozent, bei 12 Atemzügen 4,1, bei 24 Atemzügen 3,3, bei 48 Atemzügen 2,9 Prozent kohlensaures Gas enthält. In 6 Ausatmungen in der Minute betrug die Menge der ausgeatmeten Kohlensäure 171 Kubikzentimeter. Diese Quantität stieg bei 12 Ausatmungen auf 396 Kubikzentimeter, bei 48 Ausatmungen auf 696 Kubikzentimeter.

Der Einfluß der stärkeren rascheren Atembewegungen auf den Atmungsprozeß ist hiernach augenscheinlich; durch sie wird in einer gegebenen Zeit eine mächtigere Ausscheidung der Kohlensäure oder Entkohlung des Blutes bewirkt.

Es ist kaum zu bezweifeln, daß mit der Zunahme oder Abnahme der Kohlensäure die Menge des in das Blut übergehenden Sauerstoffs im Verhältnis steht; daß mithin das Blut in eben der Zeit mehr Sauerstoff empfängt, als es mehr Kohlensäure an die Luft abgibt.

Das mit Luft geschüttelte Blut nimmt aus derselben über 10 Prozent von seinem Volum Sauerstoffgas auf, und es kann dieses Gas durch Schütteln mit überschüssigem kohlensauren Gas sehr nahe vollständig wieder ausgetrieben werden. Wird das mit Kohlensäure gesättigte Blut mit Luft geschüttelt, so tritt jetzt Kohlensäure aus, an deren Platz wieder Sauer-

stoff aufgenommen wird, der durch Kohlensäuregas in gleicher Weise verdrängt werden kann.

Aus arteriellem Pferdeblut, welches nicht mit Luft geschüttelt, sondern frisch aus den Adern mit Kohlensäure gesättigt worden war, erhielt man über 10 Prozent seines Volums Sauerstoffgas. In dieser Behandlung nimmt das Blut abwechselnd die hochrote Farbe des arteriellen oder die dunkel purpurrote des venösen Blutes an.

Diese Tatsachen beweisen, daß Kohlensäure und Sauerstoffgas in Beziehung auf ihre Wirkung auf das Blut einander entgegengesetzt sind. Es findet eine Austreibung der Kohlensäure und eine Aufnahme von Sauerstoff statt, wenn die Luft außerhalb eine gewisse Menge Sauerstoffgas enthält. Enthält die Luft ein Übermaß von Kohlensäure, so wird ganz im Gegenteil der Sauerstoff ausgetrieben. Sind beide in einem gewissen Verhältnis in der Luft enthalten, so müssen sie sich gegenseitig im Gleichgewichte halten; das Blut wird keine Veränderung erleiden, und in diesem Falle das venöse Blut nicht in arterielles übergeführt werden.

Wenn ferner die Menge des in das Blut überhaupt aufnehmbaren Sauerstoffs in einem gewissen Verhältnis abhängig ist von der Quantität der austretenden Kohlensäure, so ist von selbst klar, daß die Vermehrung des Sauerstoffgehaltes der Luft ohne allen Einfluß auf den Atmungsprozeß sein muß. Diese bemerkenswerte Tatsache haben die Herren Regnault und Reiset in ihren bewundernswürdigen

Versuchen festgestellt. Sie fanden, daß Tiere, welche in einer Luft längere Zeit (22 bis 24 Stunden) atmeten, welche zwei- bis dreimal mehr Sauerstoff enthielt als die atmosphärische Luft, keine Art von Beschwerde fühlten, und daß die Atmungsprodukte ihrem Verhältnis und ihrer Menge nach genau dieselben waren, als wenn die Tiere in normaler Luft atmen. Diese Versuche beweisen, daß die Lunge nicht der eigentliche Sitz der Kohlensäurebildung oder eine Wärmequelle, ähnlich einem Feuerherde, ist, sondern daß in dem arteriellen Blut ein Sauerstoffstrom durch den Körper fließt, der auf seinem Wege durch die feinsten Gefäße die Bildung von Oxydations- oder Verbrennungsprodukten, darunter die der Kohlensäure, und damit ein Freiwerden von Wärme bedingt. Das Verhältnis der Abhängigkeit der Sauerstoffaufnahme von der Kohlensäurebildung und Ausscheidung scheint ferner zu beweisen, daß beide in dem Blute einerlei Träger, nämlich die Blutkörperchen haben, daß diese den Sauerstoff der Luft in der Lunge und in dem Kreislauf des Blutes die gebildete Kohlensäure aufnehmen, woraus sich dann von selbst ergibt, daß diese Blutkörperchen nicht mehr Sauerstoff aufnehmen können, als sie Kohlensäure abgegeben haben, eben weil das eine Gas den Platz des anderen einnimmt, und weil beide gleichzeitig sich nicht an demselben Platze befinden können, sondern sich gegenseitig verdrängen.

Es ist ferner einleuchtend, daß der Kohlensäuregehalt der Luft ein Haupthindernis der Kohlensäureaus-

scheidung aus dem Blute und damit ein Haupthindernis der Sauerstoffabsorption ist. Wenn der Kohlensäuregehalt der Luft zunimmt, so wird, auch wenn der Sauerstoffgehalt derselbe bleibt, die Absorption des letzteren beeinträchtigt; nur durch eine entsprechende Vermehrung des Sauerstoffgehaltes würde diese schädliche Wirkung der Kohlensäure aufgehoben werden können. Ein solches Zunehmen des Sauerstoffs findet in gewöhnlichen Umständen niemals statt; aber Regnault und Reiset haben beobachtet, daß Tiere in Luft, welche anderthalbmal bis doppelt so viel Sauerstoff als die gewöhnliche Luft enthielt, bei einem Gehalt derselben an 17 bis 23 Prozent Kohlensäure, atmen konnten, ohne daß nach 22 bis 26 Stunden nachteilige Wirkungen wahrgenommen wurden. Ein solcher Gehalt von Kohlensäure in gewöhnlicher Luft wirkt absolut tödlich.

Die Erfahrung, daß Menschen und Tiere beim Einatmen von reinem kohlensauren Gas sehr rasch sterben, während sie in Stickgas und Wasserstoffgas verhältnismäßig länger am Leben bleiben, erklärt sich eben daraus, daß in einer Atmosphäre von Kohlensäure das Blut keine Kohlensäure abgibt, sondern im Gegenteil noch aufnimmt, wodurch der im venösen Blute enthaltene geringe Anteil Sauerstoff aus dem Blute abgeschieden, jedenfalls dessen Lebensaufgabe sehr gehindert oder aufgehoben wird.

Die günstigste Bedingung einer raschen und vollkommenen Bildung von arteriellem Blut und einer gesteigerten Kohlensäureausscheidung ist demnach ein

ſchneller Wechſel der Luft in den Luftzellen der Lunge.

Wenn die eingeatmete Luft dieſelbe Zuſammenſetzung beſitzt wie die ausgeatmete, ſo wird der Zweck des Atmungsprozeſſes nicht mehr erfüllt. Die ausgeatmete Luft iſt verbrauchte Luft, welche zum zweitenmal zu den nämlichen Funktionen in der Lunge nicht mehr dienen kann; das venöſe Blut wird nicht mehr in arterielles Blut verwandelt, es treten ſehr bald, ganz ſo, wie wenn Mund und Naſe verſchloſſen worden wären, Atembeſchwerden und Erſtickung ein.

Der Tod wird in dieſem Falle bedingt durch zwei Urſachen; die eine iſt ohne Zweifel der Mangel an Sauerſtoff, die andere hingegen das kohlenſaure Gas, durch deſſen Gegenwart die weitere Aufnahme des Sauerſtoffs gehindert iſt. In einem der Verſuche von Regnault und Reiſet verfiel ein dreijähriger Hund in einer Luft, deren Sauerſtoffgehalt bis auf $4^1/_2$ Prozent ſich vermindert hatte, bei einem Kohlenſäuregehalt von $9^3/_4$ Prozent in Todeskampf. An der Luft erholte er ſich übrigens bald und war nach einer halben Stunde ſo munter wie zuvor. In dieſen Verſuchen wurde die ausgeſchiedene Kohlenſäure in dem Raume ſelbſt, in welchem das Tier atmete, durch Kalilauge, welche gleichzeitig mit hineingebracht worden war, zum größten Teile hinweggenommen.

Wenn man auf die Minute im Zuſtande der Ruhe 15 Atemzüge und auf jede Ausatmung $^1/_2$ Liter Luft und in der ausgeatmeten Luft 5 Prozent Kohlenſäure und 15 Prozent Sauerſtoff annimmt, ſo findet

man leicht, daß ein Mensch in 24 Stunden 540 Liter Kohlensäure produziert und 10800 Liter Luft verbraucht. Man kann diese Zahlen als das Minimum der Kohlensäurebildung betrachten; bei achtzehn Atemzügen beträgt der Sauerstoffverbrauch schon ein Fünftel mehr.

In einem geschlossenen Raume von 2,5 m Höhe, 3 m Länge und 2,5 m Breite würde ein Mensch nicht über 24 Stunden ohne Beschwerde atmen können; nach dieser Zeit würde die darin enthaltene Luft die Zusammensetzung der ausgeatmeten Luft besitzen, bei längerem Aufenthalte in dieser Luft würde ein Krankheitszustand, zuletzt der Tod sich einstellen. Lavoisier und Seguin fanden, daß der Kohlensäuregehalt der ausgeatmeten Luft, wenn sie wieder eingeatmet wird, bis zu 10 Prozent vermehrt werden kann; darüber hinaus nahm aber ihre Menge nicht mehr zu, auch wenn das Atmen fortgesetzt wurde, was nur kurze Zeit ging. Diesen Kohlensäuregehalt kann man wohl als die Grenze betrachten, von welcher an das Leben eines Menschen gefährdet ist.

Fälle dieser Art, in welchen der Tod in einem für den Aufenthalt vieler Menschen unzureichenden Luftraum durch ihren Atmungsprozeß herbeigeführt wurde, sind nicht selten. Einer der neuesten und beklagenswertesten Fälle ereignete sich vor einigen Jahren auf einem Schiffe mit Auswanderern, welche während eines Sturmes an der englischen Küste in dem Schiffsraum eingesperrt sich befanden; in weniger als 6 Stunden verloren über 60 Menschen das Leben.

In einem Raume, in welchem viele Menschen atmen und in dem die Luft durch die zufälligen Öffnungen in den Türen und Fenstern nur unvollständig sich erneuert, zeigt die Verlängerung der Lichtflammen, sowie das Trübbrennen derselben deutlich die veränderte Beschaffenheit der Luft an.

Schon die Idee, Luft einzuatmen, welche in der Lunge eines anderen, wenn auch gesunden Menschen eine Zeitlang verweilt hat, verursacht ein Unbehagen. Sicher ist, daß ein Gehalt von 1 Prozent Kohlensäure in der Luft ein merkliches Übelbefinden herbeiführt, und der Nutzen einer zweckmäßig angebrachten Lufterneuerung für alle Räume, in welchen sich Menschen aufhalten, ist einleuchtend.

Für eine erwachsene Person sollte einem solchen Raum per Stunde mindestens sechs Kubikmeter reine Luft zugeführt werden; in der Regel rechnet man die Hälfte mehr. In der Luft der Deputiertenkammer in Paris, deren innerer Raum 5000 Kubikmeter faßt, fand man bei Anwesenheit von 600 Personen und bei einer Ventilation von 11000 Kubikmeter per Stunde in der ausfließenden Luft noch 1 Gewichtsteil Kohlensäure auf 400 Luft, dies ist immer noch $2^1/_2$ mal mehr, als die atmosphärische Luft enthält.

Der Aufenthalt in niedrig gelegenen Gegenden, in denen die Luft sich nicht bewegt, an feuchten Orten, wo sich durch Verwesungsprozesse Quellen von Kohlensäure bilden, oder in einer Luft, welche bei einer hohen Temperatur mit Feuchtigkeit gesättigt ist, ist längst als die nächste Ursache vieler Krankheiten von den

Ärzten erkannt. In Schlafzimmern, in welchen sich Pflanzen befinden, welche während der Nacht Sauerstoff verbrauchen und Kohlensäure aushauchen, in geschlossenen Räumen, in welchen Verbrennungsprozesse vor sich gehen, in denen z. B. viele Lichter brennen, empfängt die atmosphärische Luft die Beschaffenheit und Zusammensetzung der ausgeatmeten Luft, durch welche der Atmungsprozeß wesentlich gefährdet ist.

Man kennt genau die Wärmemenge, welche beim Übergang des Sauerstoffs in Kohlensäure oder Wasser entwickelt wird. Wenn man unter eine gewöhnliche mit Wasser gefüllte Teekanne eine brennende Weingeistlampe stellt, die letztere vor dem Anzünden wiegt und in dem Augenblick auslöscht, wenn das Wasser anfängt zu sieden, so erfährt man durch das Zurückwiegen der Spirituslampe leicht, wieviel Weingeist verbraucht, d. h. verbrannt worden ist, um das Wasser auf seinen Siedepunkt zu bringen; und wenn man das Gewicht des Wassers kennt, so läßt sich durch eine sehr einfache Rechnung bestimmen, wieviel Wärmegrade ein Gewichtsteil Weingeist bei seiner Verbindung mit dem Sauerstoffe entwickelt. In einem hierzu geeigneteren Apparate, dessen Einrichtung es gestattet, alle durch die Verbrennung erzeugte Wärme ohne Verlust in dem Wasser aufzufangen, hat man in dieser Weise gefunden, daß durch die Verbrennung von einem Gramm reinen Weingeist 69 Gramm Wasser von dem Gefrierpunkte an bis auf seinen Siedepunkt erwärmt werden

können. Jedes Gramm dieser 69 Gramm Wasser hat demnach 100 Wärmegrade empfangen, alle zusammen haben 69 mal 100 oder 6900 Wärmegrade aufgenommen. Diese Zahl 6900 drückt die Wärmemenge aus, welche durch die Verbrennung von 1 Gewichtsteil Weingeist erzeugt oder frei wurde — und zwar in Wärmegraden, welche ein bekanntes Gewicht Wasser empfängt.

In ganz ähnlicher Weise hat man die Verbrennungswärme des Kohlenstoffs und Wasserstoffs, der Steinkohlen, des Holzes, Torfs usw. ermittelt; die Verbrennungswärme der Steinkohlen ist 5625; mit einem Pfunde Steinkohlen lassen sich $56\frac{1}{4}$ Pfd. Wasser vom Gefrierpunkte bis zum Sieden, oder $562\frac{1}{2}$ Pfd. bis auf 10 Grade oder 5625 Pfd. Wasser auf einen Grad erwärmen. Die Wärmeeinheit ist, wie man leicht wahrnimmt, kein gewöhnlicher Thermometergrad, sondern es ist das Wärmequantum, das ein dem verbrannten gleicher Gewichtsteil Wasser empfängt, um seine Temperatur um einen Thermometergrad des hundertteiligen Thermometers zu erhöhen.

Die Verbrennungswärme des reinen Kohlenstoffs ist beträchtlicher als die der Steinkohlen; sie beträgt 7881, die des Wasserstoffs 33808 Wärmeeinheiten. Durch die Verbrennung des Wasserstoffs wird Wasser, durch die des Kohlenstoffs Kohlensäure gebildet, und da das Wasser das achtfache Gewicht des Wasserstoffs an Sauerstoff, die Kohlensäure $2\frac{2}{3}$ mal so viel Sauerstoff als Kohlenstoff enthalten, so kommen auf 1 Gewichts-

teil Sauerstoff, der in Kohlensäure übergeht, 2950, und bei seinem Übergange in Wasser 4226 Wärmeeinheiten.

Wenn man demnach den Sauerstoffverbrauch eines Tieres in 24 Stunden kennt, sowie die Menge der erzeugten Kohlensäure und die Menge des gebildeten Wassers (aus dem verschwundenen Sauerstoff), so ist es leicht, die ganze Wärmemenge zu berechnen, welche ein Tier durch seinen Atmungsprozeß entwickelt. Es ist ferner verständlich, daß, wenn man ein Tier in einem passenden Apparate atmen läßt, welcher mit kaltem Wasser ganz umgeben ist, in diesem Fall durch die Temperaturzunahme des Wassers sich die Anzahl der Wärmegrade leicht bestimmen lasse, die das Tier während einer gewissen Zeit an die Umgebung abgibt. Auf diesem Wege hat man die Gewißheit erlangt, daß die Anzahl der Wärmegrade, welche ein Tier durch den in seinem Leibe vor sich gehenden Prozeß erzeugt, derjenigen sehr nahe entspricht, welche der nämliche Apparat empfangen würde, wenn man eine der ausgemittelten Kohlensäure und dem verschwundenen Sauerstoff entsprechende Menge Sauerstoffgas durch Verbrennung von Kohlenstoff und Wasserstoff in demselben in ebensoviel Kohlensäure und Wasser übergeführt hätte, und die Frage nach dem Ursprung der tierischen Wärme ist damit in befriedigender Weise gelöst.

## Agrikulturchemie

Jedermann weiß, daß in dem begrenzten, wie wohl ungeheuren Raume des Meeres ganze Welten von Pflanzen und Tieren aufeinander folgen, daß eine Generation dieser Tiere alle ihre Elemente von den Pflanzen erhält, daß die Bestandteile ihrer Organe nach dem Tode des Tieres die ursprüngliche Form wieder annehmen, in welcher sie einer neuen Generation von Pflanzen zur Nahrung dienen.

Der Sauerstoff, den die Seetiere in ihrem Atmungsprozeß der daran so reichen im Wasser gelösten Luft (sie enthält 32 bis 33 Volumprozente, die atmosphärische nur 21 Prozent Sauerstoff) entziehen, wird in dem Lebensprozeß der Seepflanzen dem Wasser wieder ersetzt. Er tritt an die Produkte der Fäulnis der gestorbenen Tierleiber, verwandelt ihren Kohlenstoff in Kohlensäure, ihren Wasserstoff in Wasser, während ihr Stickstoff die Form von Ammoniak wieder annimmt.

Wir beobachten, daß im Meere, ohne Hinzutritt oder Hinwegnahme eines Elementes, ein ewiger Kreislauf stattfindet, der nicht in seiner Dauer, wohl aber in seinem Umfang begrenzt ist, durch die in dem begrenzten Raume in endlicher Menge enthaltene Nahrung der Pflanze.

Wir wissen, daß bei den Seegewächsen von einer Zufuhr an Nahrung, von Humus, durch die Wurzel nicht die Rede sein kann. Welche Nahrung kann in der Tat die faustdicke Wurzel des Riesentangs aus

einem nackten Felsstück ziehen, an dessen Oberfläche man nicht die kleinste Veränderung wahrnimmt — eine Pflanze, welche eine Höhe von 360 Fuß erreicht und von der ein Exemplar mit seinen Blättern und Zweigen Tausende von Seetieren ernährt. Diese Pflanzen bedürfen offenbar nur einer Befestigung, welche den Wechsel des Ortes hindert, oder eines Gegengewichts, um sie schwimmend zu halten; sie leben in einem Medium, das allen ihren Teilen die ihnen nötige Nahrung zuführt. Das Meerwasser enthält ja nicht allein Kohlensäure und Ammoniak, sondern auch die phosphorsauren und kohlensauren Alkalien und Erdsalze, welche die Seepflanze zu ihrer Entwickelung bedarf, und die wir als nie fehlende Bestandteile in ihrer Asche finden. Alle Erfahrungen geben zu erkennen, daß die Bedingungen, welche das Dasein und die Fortdauer der Seepflanzen sichern, die nämlichen sind, welche das Leben der Landpflanzen vermitteln.

Die Landpflanze lebt aber nicht wie die Seepflanze in einem Medium, das alle ihre Elemente enthält und jeden Teil ihrer Organe umgibt, sondern sie ist auf zwei Medien angewiesen, von denen das eine (der Boden) die Bestandteile enthält, die dem anderen (der Atmosphäre) fehlen.

Die Menge der in der Atmosphäre enthaltenen Nahrungsstoffe der Pflanzen ist begrenzt; allein sie muß vollkommen ausreichend sein, um die ganze Erdrinde mit einer reichen Vegetation zu bedecken.

Beachten wir, daß unter den Tropen und in den

Gegenden der Erde, wo sich die allgemeinsten Bedingungen der Fruchtbarkeit, Feuchtigkeit, ein geeigneter Boden, Luft und eine höhere Temperatur vereinigen, daß dort die Vegetation kaum durch den Raum begrenzt ist, daß da, wo der Boden zur Befestigung fehlt, die absterbende Pflanze, ihre Rinde und Zweige selbst zum Boden werden. Es ist klar, daß es den Pflanzen dieser Gegenden an atmosphärischem Nahrungsstoff nicht fehlen kann; er fehlt auch unseren Kulturpflanzen nicht. Durch die unaufhörliche Bewegung der Atmosphäre wird allen Pflanzen eine gleiche Menge von den zu ihrer Entwickelung nötigen atmosphärischen Nahrungsstoffen zugeführt; die Luft unter den Tropen enthält nicht mehr davon als die Luft in den kalten Zonen.

Die Menge der in der Luft enthaltenen Nahrungsstoffe ist, verglichen mit der Luftmasse, sehr gering. Wenn man alle Kohlensäure- und Ammoniakteilchen, die in der Luft zerstreut enthalten sind, sich in einer Schicht um die Erde herum gesammelt denkt, so würden diese Gase, wenn sie dieselbe Dichte wie an der Meeresfläche hätten, die Kohlensäure etwas mehr wie $2\frac{1}{2}$ Meter, das Ammoniakgas kaum $\frac{1}{2}$ Zentimeter Höhe haben; beide werden von der Pflanze verbraucht und die Atmosphäre wird natürlich ärmer daran.

Wäre die ganze Oberfläche der Erde eine zusammenhängende Wiese, von welcher jährlich auf einem Hektar 100 Zentner Heu geerntet werden könnten, so würde in 21 bis 22 Jahren die Atmosphäre aller darin enthaltenen Kohlensäure durch die Wiesen-

pflanzen beraubt sein, und alles Leben würde damit ein Ende haben; die Luft würde aufhören für die Pflanzen fruchtbar zu sein, d. h. eine unentbehrliche Lebensbedingung für ihre Entwicklung darzubieten. Wir wissen, daß für die ewige Dauer des organischen Lebens gesorgt ist. Der Mensch und die Tiere leben von dem Pflanzenleib. Alle organischen Wesen haben nur ein vorübergehendes, verhältnismäßig kurzes Bestehen. In dem Lebensprozeß der Tiere verwandelt sich die Nahrung, die ihn unterhält, in das, was sie ursprünglich war. Eine ganz gleiche Veränderung wie die Nahrung erleiden alle Leiber und Pflanzen nach ihrem Tode. Ihre verbrennlichen Elemente werden in Kohlensäure und Ammoniak zurückgeführt. Beide sind ihrer Natur nach gasförmig und kehren in das Luftmeer zurück, wo sie zur Bildung und Entwicklung eines neuen Geschlechtes dienen.

Die Dauer des organischen Lebens ist, wie man sieht, in Beziehung auf die verbrennlichen Elemente, aus denen der Pflanzen- und Tierleib sich bildet, auf das engste geknüpft an die Wiederkehr dieser Bedingungen. Für diese hat der Schöpfer einen großen Kreislauf eingerichtet, an welchem der Mensch sich beteiligen kann, der aber ohne sein Zutun sich erhält.

Wie wirkt nun der Boden, und in welcher Weise nehmen seine Bestandteile teil an der Vegetation?

Wir wollen diese Frage jetzt einer näheren Untersuchung unterziehen.

Der Ernährungsprozeß ist ein Aneignungsprozeß der

Nahrung. Eine Pflanze wächst, indem sie an Masse zunimmt, und ihre Masse vermehrt sich, indem die Bestandteile der Nahrung zu Bestandteilen des Pflanzenkörpers werden. Aus der Kohlensäure entsteht z. B. der Zucker, die Kieselsäure wird zu einem Bestandteil des Stengels, das Kali ist im Saft, Phosphorsäure, Kali, Kalk, Bittererde werden zu Bestandteilen des Samens.

In der Wirkung eines Nahrungsstoffes hat man zu unterscheiden die Schnelligkeit von der Dauer seiner Wirkung.

Im allgemeinen hängt die Wirkung ab von der Summe der vorhandenen wirkenden Teile, entsprechend der Menge, welche überhaupt von der Pflanze in einer Vegetationsperiode aufnehmbar ist und aufgenommen wird; ein Mangel vermindert die Ernte, aber ein Überschuß erhöht sie nicht über eine gewisse Grenze hinaus. Der Überschuß wirkt in der nächsten Vegetationsperiode. Die Dauer der Ernten richtet sich nach dem Rest, der nach jeder Vegetationsperiode im Boden bleibt. Ist der Rest zehnmal größer, als eine volle Ernte bedarf, so reicht er aus für zehn volle Ernten in zehn Jahren.

Ein Körper, z. B. ein Stück Zucker, löst sich um so rascher in einer Flüssigkeit, je feiner er gepulvert ist. Durch das Pulvern wird seine Oberfläche und damit die Anzahl der Teilchen vergrößert, die in einer gegebenen Zeit mit der Flüssigkeit in Berührung kommen, die sie auflöst. In allen chemischen Vorgängen dieser Art geht die Wirkung von der Oberfläche aus.

Ein Nahrungsmittel, welches sich im Boden befindet, wirkt durch seine Oberfläche. Was unterhalb der Oberfläche liegt, ist wirkungslos, weil es nicht aufgelöst wird. Je mehr in einer gegebenen Zeit von der Pflanze davon aufgenommen wird, desto wirksamer ist es in dieser Zeit. Fünfzig Pfund Knochen können je nach dem Grad ihrer Zerteilung so viel in einem Jahr wirken wie hundert, zweihundert oder dreihundert Pfund in grobem Pulver. Das letztere ist nie wirkungslos, aber um zu wirken, das ist um sich aufzulösen, braucht es längere Zeit. Die Wirkung ist geringer, hält aber länger an.

Wir haben geglaubt, daß die Pflanzen ihre Nahrung aus einer Lösung empfangen, daß die Schnelligkeit ihrer Wirkung mit ihrer Löslichkeit in nächster Beziehung stehe. Durch das Regenwasser im Verein mit der Kohlensäure würden die wirksamen Bestandteile derselben den Pflanzenwurzeln zugeführt. Die Pflanze sei wie ein Schwamm, der zur Hälfte in der Luft, zur Hälfte im feuchten Boden stehe. Was der Schwamm durch die Verdunstung in der Luft verliere, sauge er unaufhörlich wieder aus dem Boden auf. Aus den Blättern verdunste das durch die Wurzel aufgenommene Wasser, die Wurzeln empfingen das verlorene Wasser aus dem Boden wieder. Was in dem Wasser gelöst sei, gehe mit den Wasserteilchen in die Wurzeln über. Die Pflanze eigne sich das Gelöste im Ernährungsprozeß an, der Boden und die Pflanze seien beide passiv.

Wir haben gelehrt, daß ein Nahrungsmittel in dem

Boden, entfernt von jeder Wurzelfaser, die Pflanze ernähren könne, wenn sich zwischen der Faser und dem Nahrungsstoff Wasserteilchen befänden, die denselben aufzulösen vermögen. Infolge der Verdunstung durch die Blätter saugten die Wurzeln die Wasserteilchen auf, die in dieser Weise alle zusammen eine Bewegung nach der Wurzelfaser hin empfingen; mit den Wasserteilchen bewege sich der gelöste Stoff. Das Wasser, so glaubten wir, sei der Karren, der die entfernten Bodenbestandteile in die Nähe und in unmittelbare Berührung mit der Pflanze bringe.

Alles dies ist ein großer Irrtum gewesen.

Wir haben aus der Wirkung, welche das Wasser und die Kohlensäure auf das Gestein ausüben, auf die Wirkung beider auf die Ackererde geschlossen, aber dieser Schluß ist falsch.

Es gibt in der Chemie keine wunderbarere Erscheinung, keine, welche alle menschliche Weisheit so sehr verstummen macht, wie die, welche das Verhalten eines für den Pflanzenwuchs geeigneten Acker- und Gartenbodens darbietet.

Durch die einfachsten Versuche kann sich jeder überzeugen, daß beim Durchfiltrieren von Regenwasser durch Ackererde oder Gartenerde dieses Wasser keine Spur von Kali, von Kieselsäure, von Ammoniak, von Phosphorsäure auflöst, daß die Erde von allen den Pflanzennahrungsstoffen, die sie enthält, kein Teilchen an das Wasser abgibt, daß das Wasser nichts davon hinwegnimmt. Der anhaltendste Regen vermag dem Felde, außer durch mechanisches Hin-

wegschwemmen, keine von den Hauptbedingungen seiner Fruchtbarkeit zu entziehen.

Die Ackerkrume hält aber nicht nur fest, was von Pflanzennahrungsstoffen in ihr ist, sondern ihr Vermögen, den Pflanzen zu erhalten, was diese bedürfen, reicht noch viel weiter. Wenn Regen- oder ein anderes Wasser, welches Ammoniak, Kali, Phosphorsäure, Kieselsäure in aufgelöstem Zustand enthält, mit Ackererde zusammengebracht wird, so verschwinden diese Stoffe beinahe augenblicklich aus der Lösung; die Ackererde entzieht sie dem Wasser.

Füllt man einen Trichter mit Ackererde und gießt auf diese Erde eine Auflösung von kieselsaurem Kali (Kali-Wasserglas), so läßt sich meistens in dem abfließenden Wasser keine Spur von Kali und nur unter gewissen Umständen Kieselsäure entdecken.

Löst man frisch gefällten phosphorsauren Kalk oder phosphorsaure Bittererde in Wasser, welches mit Kohlensäure gesättigt ist, und läßt diese Lösungen in gleicher Weise durch Ackererde filtrieren, so enthält das abfließende Wasser keine Phosphorsäure. Eine Auflösung von phosphorsaurem Kalk in verdünnter Schwefelsäure oder von phosphorsaurem Bittererde-Ammoniak in kohlensaurem Wasser verhält sich auf gleiche Weise. Die Phosphorsäure des phosphorsauren Kalks, die Phosphorsäure und das Ammoniak des Bittererdesalzes bleiben in der Erde zurück.

Besonders angestellte Versuche haben gezeigt, daß 1000 cbcm Gartenerde (reich an Kalk) das Kali aus

2025 cbcm kieſelſaurer Kalilöſung aufnehmen, welche auf 1000 cbcm 2,78 g Kieſelſäure und 1,166 g Kali enthielt, und es berechnet ſich hieraus, daß ein Hektar Feld von derſelben Beſchaffenheit auf 1/4 Meter Tiefe einer gleichen Löſung über 10000 Pfund Kali entziehen und für den Bedarf der Pflanzen feſthalten würde. Ein in gleicher Weiſe angeſtellter Verſuch mit einer Auflöſung von phosphorſaurem Bittererde-Ammoniak in kohlenſaurem Waſſer zeigte, daß ein Hektar Feld 5000 Pfund von dieſem Salz einer ſolchen Löſung entziehen würde. Ein Lehmboden (arm an Kalk) verhielt ſich auf gleiche Weiſe.

Dies gibt einen Begriff von der mächtigen Wirkung der Ackererde, von der Stärke ihrer Anziehung gegen drei Hauptnahrungsſtoffe unſerer Kulturpflanzen, die für ſich bei ihrer großen Löslichkeit in reinem und kohlenſaurem Waſſer, beſäße die Ackererde dieſe Eigenſchaft nicht, im Boden nicht erhalten werden könnten.

Aus gefaultem Harn, Miſtjauche mit vielem Waſſer verdünnt, oder Gülle, oder aus einer Auflöſung von Guano in Waſſer nimmt Ackererde alles darin enthaltene Ammoniak, alles Kali und alle Phosphorſäure auf, und wenn die Menge der Erde genügt, ſo enthält das abfließende Waſſer keine Spuren mehr davon.

Die Eigenſchaft der Ackerkrume, Ammoniak, Kali, Phosporſäure, Kieſelſäure ihren Auflöſungen zu entziehen, iſt begrenzt; jede Bodenart beſitzt dafür ein

eigenes Vermögen. Der Sandboden absorbiert bei gleichem Volum weniger als der Mergelboden, dieser weniger als Tonboden. Die Abweichungen in der absorbierten Menge sind aber ebenso groß wie die Verschiedenheiten der Bodensorten selbst.

Drainwasser, d. h. Regenwasser, welches durch Ackererde auf dem natürlichen Wege durchgesickert ist, enthält alle Stoffe, welche das Regenwasser aus der Ackerkrume aufzulösen vermag, und seine Zusammensetzung gibt einen Begriff von der Menge derselben, welche eine Pflanze während ihrer Vegetationsperiode aus dieser Lösung möglicherweise empfangen kann.

Nehmen wir an, daß auf ein Hektar Feld in einem Jahr 12 Millionen Pfund Regenwasser fallen, und daß der dritte Teil dieses Wassers im Boden sich mit all den Bestandteilen in gleichem Grade wie Drainwasser sättige, und diese 4 Millionen Pfunde in den Monaten Juni, Juli, August und September vollständig von den Wurzeln der darauf gebauten Kartoffelpflanzen aufgenommen würden und durch ihre Blätter verdunsteten, so würden alle Kartoffelpflanzen zusammen aus dieser Lösung, wenn sie den Gehalt der von Way analysierten Drainwasser enthielte, von einem Hektar der ersten vier Felder noch kein einziges Pfund, von zwei andern Feldern vom Hektar etwas über ein Pfund und von einem siebenten Hektar zwei Pfund Kali empfangen.

Ein Hektar Feld liefert aber eine mittlere Ernte Kartoffeln, welche 408 Pfund Asche und darin 200 Pfund Kali enthalten.

Aus dem Verhalten der Ackerkrume geht hervor, daß die Pflanze in der Aufnahme ihrer Nahrung selbst eine Rolle spielen muß; als organisches Wesen ist ihre Existenz nicht gänzlich abhängig von äußeren Ursachen.

Empfingen die Landpflanzen ihre Nahrung aus einer Lösung, so würden sie von dieser Lösung der Zeit nach im Verhältnis nur soviel aufnehmen können, als Wasser durch ihre Blätter verdunstet; sie würden nur aufnehmen können, was die Lösung enthält und zuführt. Es ist ganz gewiß, daß das Wasser, welches den Boden durchfeuchtet, sowie die Verdunstung durch die Blätter in dem Assimilationsprozesse als notwendige Vermittlungsglieder mitwirken. Allein in dem Boden besteht eine Polizei, welche die Pflanze vor einer schädlichen Zufuhr schützt. Sie wählt aus, was sie bedarf, und was der Boden darbietet, kann nur dann in ihren Organismus übergehen, wenn eine innere, in der Wurzel tätige Ursache mitwirkt.

Es ist wahrscheinlich, daß die größte Anzahl der Kulturpflanzen darauf angewiesen ist, ihre mineralische Nahrung direkt von der Ackerkrume zu empfangen, und daß ihr Bestehen gefährdet wird, daß sie verkümmern und absterben, wenn ihnen diese Bestandteile in einer Lösung zugeführt werden[1]).

Man findet häufig in Wiesen glatte Kalkgeschiebe,

[1]) Heute ist das Gegenteil dieser Vermutung durch Vegetationsversuche erwiesen, bei denen die Pflanzen ihre Wurzeln nur in Nährsalzlösungen schicken konnten.

deren Oberfläche mit feinen Furchen netzartig bedeckt ist, und wenn der Stein frisch aus der Erde genommen wird, so sieht man, daß eine jede vertiefte Linie oder Furche einer Wurzelfaser entspricht, wie wenn sich diese in den Stein eingefressen hätte.

Es ist sehr schwer, sich eine Vorstellung zu machen, in welcher Weise die Pflanzen mitwirken, um die Auflösung der Mineralbestandteile zu bewerkstelligen; daß Wasser für den Übergang derselben unentbehrlich ist, versteht sich wohl von selbst[1]).

Zu den beschriebenen chemischen Eigenschaften der Ackererde gesellt sich eine physikalische, welche nicht minder merkwürdig und einflußvoll ist. Dies ist das Vermögen derselben, der feuchten Luft den Wasserdampf zu entziehen und in ihren Poren zu verdichten. Man wußte zwar seit langem schon, daß die Ackererde zu den den Wasserdampf sehr stark anziehenden Substanzen gehört, allein erst durch v. Babo haben wir erfahren, daß sie in dieser Eigenschaft der konzentrierten Schwefelsäure gleichgestellt werden muß, welche sie unter allen im stärksten Grade besitzt. Bringt man einige Unzen Ackererde bei einer nicht höheren Temperatur als 35 bis 40° C. getrocknet in eine Flasche mit Luft, welche bei 20° C. vollständig mit Wasserdampf gesättigt ist, der sich also bei der geringsten Abkühlung unter diesen Temperaturgrad

[1]) Die Wurzeln scheiden eben hinter der wachsenden Spitze durch kleine Härchen eine Säure aus, die stärker als Kohlensäure, aber schwächer als Salzsäure ist. Vermittelst dieser Wurzelsäure wird ein Teil der mineralischen Nahrungsstoffe der Pflanzen gelöst und dann der Pflanze zugeführt.

als Tau absetzen würde, so ist nach Verlauf von wenigen Minuten die Luft so vollständig ihrer Feuchtigkeit beraubt, welche die Erde angezogen hat, daß sie auch bei einem Kältegrad von 8 bis 10° C. kein Wasser, d. h. keinen Taubeschlag mehr absetzt.
Die Erde, welche sich durch Aufnahme von Feuchtigkeit aus der Luft bei einer gegebenen Temperatur damit gesättigt hat, gibt an trocknere Luft eine gewisse Quantität davon wieder ab und ebenso, wenn die Temperatur der Luft steigt; einer noch feuchteren Luft hingegen entzieht sie Wasser, bis das Gleichgewicht hergestellt ist.
Die Vorgänge der Absorption und Verdunstung sind von einer wichtigen Erscheinung begleitet: bei der Absorption des Wasserdampfes erwärmt sich die Erde und sie kühlt sich beim Verdampfen ab. Hängt man ein leinenes Säckchen mit trockener Ackererde, in dessen Mitte sich ein Thermometer befindet, in ein Gefäß mit feuchter Luft, so sieht man das Quecksilber des Thermometers nach einigen Augenblicken steigen; in v. Babos Versuchen stieg in einer an organischen Stoffen reichen Erde die Temperatur von 20° bis auf 31° C., in einem Sandboden auf 27° C. In gleicher Weise verhielt sich Ackererde, die in Luft von 20° C. und 12° Taupunkt sich teilweise mit Feuchtigkeit gesättigt hatte, in mit Wasserdampf gesättigter Luft; die Temperatur erhöhte sich um 2 bis 3°. Die eben beschriebenen Erscheinungen müssen auf die Vegetation einen ganz bestimmten Einfluß äußern; auch wenn die hervorgehobenen Extreme der Erwär-

mung nur selten eintreten mögen, so sind die dazwischen liegenden Fälle um so häufiger.

Wo im heißen Sommer die Oberfläche des Bodens austrocknet, ohne daß ein Ersatz aus tiefern Erdschichten durch kapillare Anziehung statt hat, liefert die mächtige Anziehung des Bodens zu dem gasförmigen Wasser in der Luft die Mittel zur Erhaltung der Vegetation.

Der zu verdichtende Wasserdampf wird durch zwei Quellen geliefert. Während der Nacht sinkt die Temperatur der Luft; die Spannkraft des darin enthaltenen Wasserdampfes erniedrigt sich, und auch ohne daß die Temperatur der Luft auf den Taupunkt sinkt, tritt durch die Anziehung der Ackerkrume Aufnahme von Wasser (Ammoniak und Kohlensäure), begleitet von Wärmeentwicklung, ein, welche die Erkältung des Bodens durch Ausstrahlung mäßigt. Ganz besonders muß diese Erscheinung in den regenlosen tropischen Gegenden von dem eingreifendsten Einfluß sein. Ist ihre Wirkung in unsern gemäßigten Klimaten auch keineswegs so stark als dort, so kann sie dennoch nicht als verschwindend angesehen werden; die hier auftretende Temperaturerhöhung des Bodens beträgt, da die Verdichtung allmählich erfolgt, in vielen Fällen gewiß nur Bruchteile eines Grades, allein für viele Gewächse sind es diese Bruchteile, die ihr besseres Gedeihen ermöglichen: der Boden wird und erhält sich wärmer als seine Temperatur sein würde ohne diese Eigenschaft. Eine zweite Quelle, aus welcher die ausgetrocknete Ackerkrume,

vermittelst ihres Absorptionsvermögens, ihre Feuchtigkeit schöpft, bieten die tiefer liegenden feuchten Erdschichten. Von ihnen aus muß nach der Oberfläche eine beständige Destillation von Wasserdampf statthaben, dessen Absorption von einer gleichen Wärmeentwicklung in den oberen Schichten begleitet ist. Indem man durch Drainierung das durch kapillare Anziehung aufsteigende Wasser tiefer legt, empfängt jetzt die trockene Ackerkrume eine Menge Feuchtigkeit in Gasgestalt aus den unteren Schichten, welche für das Bedürfnis der Gewächse dient und gleichzeitig die Ackerkrume erwärmt.

Noch vor wenigen Jahren lehrte die wissenschaftliche Landwirtschaft, und alle praktischen Männer waren davon überzeugt, daß die Fruchtbarkeit und Ertragsfähigkeit eines Bodens bedingt und abhängig sei von dem Gehalte desselben an Humus, oder den kohlenstoffreichen Überresten vorangegangener Vegetationen, und jetzt glaubt niemand mehr, der einige Einsicht besitzt, daß — ohne die Wirksamkeit der im Stalldünger zugeführten organischen Materien in einzelnen Fällen in Zweifel zu ziehen — die Erträge eines Feldes an kohlenstoffreichen Materien in irgendeinem Verhältnis stehen zu dem Humusgehalt des Bodens, und daß die Fruchtbarkeit des Feldes wirklich, wie man früher glaubte, gemessen werden könne durch seinen Humusgehalt.
Wir haben jetzt eine nähere und genauere Kenntnis erhalten von dem Anteil, den der Humus an der

Vegetation nimmt, und können die Fälle im voraus bezeichnen, in welchen seine Gegenwart nützlich oder schädlich ist. Wir wissen, daß er nur dann nützlich ist, wenn der Boden die den Pflanzen dienlichen festen Bodenbestandteile in genügender Menge enthält, und daß er nicht wirkt, wenn diese fehlen; infolge seiner Verwesung im Boden entsteht eine Kohlensäurequelle, durch welche die festen Nahrungsstoffe löslich und nach allen Seiten hin verbreitbar gemacht werden.

Die Beobachtung zeigt, daß ein in Kultur gehaltener Boden infolge der Kulturen nicht ärmer an organischen oder verbrennlichen Stoffen wird. Der Boden einer Wiese, von welcher man vom Hektar in zehn Jahren 1000 Zentner Heu genommen hat, ist nach diesen zehn Jahren an organischen Stoffen nicht ärmer, sondern reicher wie zuvor. Ein Kleefeld behält nach der Ernte in den Wurzeln, die dem Felde verbleiben, mehr organische Stoffe, mehr Stickstoff, als es ursprünglich enthielt; es ist aber unfruchtbar für den Klee geworden, es liefert keine lohnende Ernte mehr[1]).

Ein Weizenfeld, ein Kartoffelfeld ist nach der Ernte nicht ärmer an organischen Stoffen als vorher. Im allgemeinen bereichert die Kultur den Boden an verbrennlichen Bestandteilen, aber seine Fruchtbarkeit nimmt dennoch stetig ab; nach einer Reihe von auf-

[1]) Diese Vermehrung an Stickstoff ist eine Folge der Tätigkeit der sogenannten Knöllchenbakterien, die imstande sind, den in der Luft enthaltenen Stickstoff zu verwerten.

einanderfolgenden lohnenden Ernten von Korn, Rüben und Klee gedeihen das Korn, die Rüben, der Klee auf demselben Felde nicht mehr.

Da nun das Vorhandensein von verwesbaren organischen Stoffen im Boden dessen Erschöpfung durch Kulturen nicht im mindesten aufhält oder aufhebt, so kann durch eine Vermehrung dieser Stoffe die verlorene Ertragsfähigkeit unmöglich wieder hergestellt werden.

In der Tat gelingt es nicht einem völlig erschöpften Felde durch Einverleibung von ausgekochten Sägespänen oder von Ammoniaksalzen, oder durch beide zusammen die Fähigkeit wiederzugeben, dieselbe Reihe von Ernten zum zweiten- und drittenmal zu liefern. Wenn diese Stoffe die physikalische Beschaffenheit des Bodens verbessern, so üben sie einen günstigen Einfluß auf die Erträge aus; allein ihre Wirkung ist zuletzt immer die, daß sie die Erschöpfung der Felder beschleunigen und vollständiger machen.

Der Stallmist stellt aber die Fähigkeit des Feldes, dieselben Reihen von Ernten zum zweiten-, dritten- und hundertstenmal zu liefern, auf das vollständigste wieder her; der Stallmist hebt den Zustand der Erschöpfung des Feldes je nach seiner Quantität völlig auf, seine Zufuhr macht das Feld fruchtbarer, in vielen Fällen mehr als es je gewesen ist.

Von den beigemengten verbrennlichen Stoffen (von Ammoniaksalzen und der Substanz verwesender Sägespäne) kann die Wiederherstellung der Fruchtbarkeit durch den Stallmist nicht bedingt gewesen sein; wenn

dieſe eine günſtige Wirkung hatten, ſo war ſie untergeordneter Natur. Die Wirkung des Stallmiſtes beruht ganz unzweifelhaft auf ſeinem Gehalt an den unverbrennlichen Aſchenbeſtandteilen der Gewächſe, die er enthält, und wird durch dieſe bedingt[1]).

Was iſt der Miſt, und woher ſtammt der Miſt? Aller Miſt ſtammt von den Feldern des Landwirts; er beſteht aus dem Stroh, welches als Streu gedient hat, aus Pflanzenreſten und aus den flüſſigen und feſten Exkrementen der Tiere und Menſchen. Die Exkremente ſtammen von der Nahrung.

In dem Brot, welches ein Menſch täglich genießt, verzehrt er die Aſchenbeſtandteile der Getreideſamen, deren Mehl zur Bereitung des Brotes gedient hat, in dem Fleiſch die Aſchenbeſtandteile des Fleiſches.

Das Fleiſch der pflanzenfreſſenden Tiere, ſowie deſſen Aſchenbeſtandteile ſtammen von den Pflanzen ab. Sie ſtimmen mit den Aſchenbeſtandteilen der Samen der Hülſenfrüchte überein, ſo daß ein ganzes Tier zu Aſche verbrannt eine Aſche hinterläßt, die von der Aſche von Bohnen, Linſen und Erbſen nicht im mindeſten abweicht.

In dem Brot und Fleiſch verzehrt mithin der Menſch die Aſchenbeſtandteile von Samen, oder von Samenbeſtandteilen, welche der Landwirt in der Form von Fleiſch ſeinen Feldern abgewinnt.

---

[1]) Liebig erkannte nicht, daß im Stallmiſte auch der Stickſtoff wirkſam iſt. Er unterſchätzte die Bedeutung der Ammoniakſalze und des Chileſalpeters, die die auf wiſſenſchaftlicher Grundlage arbeitende Landwirtſchaft heute ſehr wohl benutzt, um den Pflanzen den nötigen Stickſtoff zuzuführen.

Von der großen Menge aller Mineralsubstanzen, welche der Mensch während seines Lebens in seiner Nahrung aufnimmt, bleibt in seinem Körper nur ein sehr kleiner Bruchteil zurück. Der Körper eines erwachsenen Menschen nimmt von Tag zu Tag am Gewicht nicht zu, woraus sich von selbst ergibt, daß alle Bestandteile seiner Nahrung vollständig wieder aus seinem Körper ausgetreten sind.

Die chemische Analyse weist nach, daß die Aschenbestandteile des Brotes und Fleisches in seinen Exkrementen sehr nahe in eben der Menge wie in der Nahrung enthalten sind; die Nahrung verhielt sich in seinem Leib, wie wenn sie in einem Ofen verbrannt worden wäre.

Der Harn enthält die im Wasser löslichen, die festen Auswurfstoffe die unlöslichen Aschenbestandteile der Nahrung; außer diesen sind unverdaute oder unverdauliche Nahrungsreste beigemengt.

Die Exkremente des mit Kartoffeln gefütterten Schweins enthalten die Aschenbestandteile der Kartoffeln, die des Pferdes die Aschenbestandteile des Heues und Hafers, die des Rindviehes die Asche der Rüben, des Klees usw., die zu ihrer Ernährung gedient haben. Der Stallmist besteht aus einem Gemenge aller dieser Exkremente zusammen.

Durch den Stallmist wird die Fruchtbarkeit eines durch die Kultur erschöpften Feldes vollkommen wieder hergestellt; dies ist eine durch die Erfahrung von Jahrtausenden vollkommen festgestellte Tatsache.

In dem Stallmist empfing das Feld in der Tat eine gewisse Menge von allen den Bodenbestandteilen wieder, welche dem Felde in den darauf geernteten Früchten entzogen worden waren; die Abnahme der Fruchtbarkeit des Feldes stand im Verhältnis zu der Beraubung, die Wiederherstellung der Fruchtbarkeit sehen wir im Verhältnis stehen zu dem Ersatz an diesen Bodenbestandteilen.

Die unverbrennlichen Elemente der Kulturgewächse kehren nicht von selbst auf die Felder zurück wie die verbrennlichen in das Luftmeer, aus dem sie stammen; durch die Hand des Menschen allein kehren die Bedingungen des Lebens der Gewächse auf die Felder zurück; in dem Stallmist, in dem sie enthalten sind, stellt der Landwirt naturgesetzlich die verlorene Ertragsfähigkeit wieder her.

Die vernunftgemäße Praxis erhält den Kreislauf aller Bedingungen des Lebens; die empirische Praxis zerreißt die Kette, welche den Menschen an seine Heimat fesselt, indem sie dem Boden eine Bedingung seiner Fruchtbarkeit nach der andern raubt.

Der empirische Landwirt ist ein Gewerbtreibender, welcher Fleisch und Korn erzeugt. Ohne alle Nebengedanken sucht er seinen Feldern die möglichst hohen Erträge abzugewinnen, und er hält dasjenige Verfahren für das beste, welches ihm die Erträge auf die billigste Weise und in der kürzesten Zeit liefert. Warum sollte er dies nicht? Man hat dies seit Jahrhunderten so gemacht, und er macht es genau so wie er es gelernt hat. Die vor ihm haben nicht

danach gefragt, was aus dem Felde wird, und welche Wirkung ihr Verfahren auf das Feld hatte — warum ſollte er danach fragen? Wenn es ihm gelingt, ſeinen Lebensunterhalt zu gewinnen, ſeine Pacht oder die Zinſen ſeines Kapitals und außerdem noch Vermögen zu erwerben, ſo iſt dies für ihn der einzige beſtehende Beweis, daß ſein Verfahren das beſte ſei. Gerät Weizen, Klee, Rüben oder die Kartoffel auf ſeinen Feldern nicht mehr wie ſonſt, ſo probiert er, ob es mit andern Arten nicht beſſer geht, und ſchreibt die Urſache der Abnahme ſeiner Erträge allen Ereigniſſen zu, welche ſich zugetragen haben, ſeit er die Abnahme wahrgenommen hat. Es iſt — ſeit man einen Wald in der Nähe abgeholzt hat, oder ſeit die Eiſenbahn oder eine chemiſche Fabrik in der Nähe gebaut worden iſt, oder es waren die vielen Gewitter im vorhergegangenen Jahr, oder es iſt irgend eine andere Urſache — nur er ſelbſt oder ſein Verfahren kann in ſeiner Idee unmöglich daran ſchuld ſein, denn darin hat ſich ſeit Jahren nichts geändert, ſein Miſthaufen iſt ſo groß und auch ſein Feld ſieht aus wie ſonſt.

Wenn ein Landwirt auf drei Feldern Kartoffeln, Korn und Wicken oder Klee abwechſelnd baut, oder ein Feld mit Kartoffeln, Korn und Wicken nacheinander beſtellt, und die geernteten Feldfrüchte — das Korn, die Kartoffelknollen und die Wicken — verkauft und ſo fortfährt viele Jahre lang, ohne zu düngen, ſo ſagt uns jeder einfache Bauersmann das Ende dieſer Wirtſchaft voraus. Er ſagt uns, daß ein

Betrieb dieser Art auf die Dauer unmöglich sei. Welche Kulturpflanzen man auch wählen möge, welche Art von einem Halmgewächs, Knollen- oder andern Gewächs, und in welcher Reihenfolge — das Feld wird zuletzt in einen Zustand versetzt, in welchem man von dem Halmgewächs nur das Saatkorn, von den Kartoffeln keine Knollen mehr erntet, und wo die Wicke oder der Klee nach der ersten Entwicklung wieder zugrunde gehen.

Aus diesen Tatsachen folgt unwidersprechlich, daß es kein Gewächs gibt, das den Boden schont, und keines, das ihn bereichert.

Der praktische Landwirt ist durch unzählige Tatsachen belehrt, daß in vielen Fällen von einer Vorfrucht das Gedeihen einer Nachfrucht abhängig ist, und daß es nicht gleichgültig ist, in welcher Ordnung er seine Pflanzen baut; durch die vorangehende Kultur einer Hackfrucht oder eines Gewächses mit starker Wurzelverzweigung wird der Boden für eine nachfolgende Halmfrucht geeigneter gemacht. Das Halmgewächs gedeiht besser, und zwar ohne Anwendung von Mist, und gibt einen reicheren Ertrag. Für zukünftige Ernten ist aber an Mist weder geschont, noch ist das Feld an den Bedingungen seiner Fruchtbarkeit reicher geworden. Nicht die Summe der Nahrung wurde vermehrt, sondern die wirkenden Teile dieser Summe wurden vermehrt und ihre Wirkung in der Zeit beschleunigt.

Der physikalische und chemische Zustand des Feldes wurde verbessert, der chemische Bestand nahm ab;

alle Gewächse ohne Ausnahme erschöpfen den Boden, jedes in seiner Weise, an den Bedingungen ihrer Wiedererzeugung.

Es gibt Felder, auf welchen man ohne alle Düngung sechs Jahre lang, es gibt andere, auf denen man zwölf, und wieder andere, auf denen man die genannten Pflanzen oder irgend andere fünfzig oder hundert Jahre lang nacheinander bauen und deren Ernten veräußern kann, aber das Ende ist unausbleiblich das nämliche: der Boden verliert seine Fruchtbarkeit.

In diesen Feldfrüchten verkauft der Landwirt sein Feld; er verkauft in ihnen gewisse Bestandteile der Atmosphäre, welche seinem Boden von selbst zufließen, und gewisse Bestandteile des Bodens, welche sein Eigentum sind, und die dazu gedient haben, aus den atmosphärischen Bestandteilen den Pflanzenleib zu bilden, von dem sie selbst Bestandteile ausmachen. Indem er diese Feldfrüchte veräußert, raubt er dem Felde die Bedingungen ihrer Wiedererzeugung. Eine solche Wirtschaft trägt mit Recht den Namen einer Raubwirtschaft.

Wenn alle die in den veräußerten Feldfrüchten dem Felde geraubten Bodenbestandteile vollkommen dem Felde nach jedem Jahr oder nach jedem Umlauf wieder zugeführt worden wären, so würde das Feld seine Fruchtbarkeit auf das vollständigste bewahrt haben; der Gewinn des Landwirts wäre durch den Rückkauf der veräußerten Bodenbestandteile kleiner geworden, allein dieser Gewinn wäre von ewiger Dauer gewesen.

Nicht das Feld an sich, sondern die zur Ernährung der Gewächse dienenden Bodenbestandteile im Feld machen den Reichtum des Landwirts aus; durch sie erzeugt er die dem Menschengeschlecht unentbehrlichen Bedingungen zur Erhaltung seiner Temperatur und Arbeitskraft; die vernunftgemäße Kultur im Gegensatz zur Raubwirtschaft beruht auf dem Ersatz. Durch die Wiederkehr der Bedingungen erhält der Landwirt die Fruchtbarkeit der Felder.

Die Wirkungen der Raubwirtschaft sind nirgends sichtbarer und augenfälliger als in Amerika, wo die ersten Kolonisten in Kanada, in dem Staat New York, in Pennsylvanien, Virginien, Maryland usw. Länderstrecken vorfanden, welche nach einmaligem Pflügen und Säen viele Jahre lang eine Reihe von Weizen- und Tabakernten lieferten, ohne daß der Landwirt nur daran zu denken brauchte, zu ersetzen, was er dem Boden in dem Korn und den Tabaksblättern genommen.

Wir alle wissen, was aus diesen Feldern geworden ist. In weniger als zwei Menschenaltern waren diese so reichen Gefilde in Einöden verwandelt und in vielen Distrikten in einen Zustand versetzt, daß sie, selbst nachdem sie über ein Jahrhundert brach gelegen, keine lohnende Ernte von einer Halmfrucht mehr liefern. Sowie ein jeder europäische Landwirt den Glauben hat, daß sein Betrieb eine Ausnahme mache und besser sei als andere Betriebe, und daß seiner Erfahrung gemäß seine fruchtbaren Felder keines Ersatzes bedürfen, um in gleichem Zustand der

Fruchtbarkeit zu bleiben, so glaubt auch anfänglich jeder erste Kolonist, daß sein Feld für die Früchte, die er zieht, eine Ausnahme mache von andern Feldern. Auch ihm scheint seine Erfahrung ausreichend, um einer unbegrenzten Dauer ihrer Fruchtbarkeit gewiß zu sein; aber noch ehe seine Kinder herangewachsen sind, wird er seinen Irrtum gewahr: seine Farm geht in die Hand eines zweiten über, der in gleicher Weise wie der erste, nur mit mehr Kapital und Arbeit den Boden ausraubt. Und wenn auch dieser gewahr wird, daß der Pflug nicht mehr ausreicht, um die Erträge auf der ursprünglichen Höhe zu erhalten, dann erst gelangt sein Feld in den Besitz des deutschen Kolonisten, den man gelehrt hat, daß der Mist die Seele der Landwirtschaft ist — eine Weisheit, von der seine Vorgänger nichts wußten, und der dann den Boden in seiner Weise erschöpft.

Das europäische Kulturverfahren, genannt die intensive Landwirtschaft, ist nicht die rohe Beraubung des amerikanischen Farmers mit Mord und Totschlag des Feldes, sondern es ist ein feinerer Raub, dem man auf den ersten Blick nicht ansieht, daß es Raub ist: es ist der Raub mit Selbstbetrug, verhüllt durch ein Lehrsystem, dem der Kern der inneren Wahrheit fehlt.

Der einfachste Bauernverstand sieht ein, und alle Landwirte stimmen darin überein, daß man in einer Wirtschaft den Klee, die Rüben, das Heu usw. nicht veräußern könne ohne den entschiedensten Nachteil

für die Kornkultur. Ein jeder gibt bereitwillig zu, daß die Kleeausfuhr die Kornkultur beeinträchtige: „Vor allem müssen wir Futter genug haben, dann kommt das Getreide von selbst.“ Daß aber die Kornausfuhr die Kleekultur beeinträchtige, daß wir vor allem die Bodenbestandteile des Korns zurückbringen müssen, damit der Klee von selbst kommt, d. h. daß wir, um Klee zu erzeugen, düngen müssen, dies ist ein für die meisten Landwirte ganz unfaßbarer, ja unmöglicher Gedanke. Denn man baut ja den Klee des Düngers wegen, und welcher Vorteil bliebe dann, wenn man, um Klee zu bekommen, wieder düngen müßte! Den Klee will man umsonst haben. In diesem Verkennen des Kerns aller echten Industrie liegen alle Fehler des herrschenden Wirtschaftssystems.

Die gegenseitigen naturgesetzlichen Beziehungen beider sind aber sonnenklar. Die Aschenbestandteile des Klees und des Korns sind die Bedingungen zur Klee- und Kornerzeugung und den Elementen nach dieselben.

Der Klee braucht zu seiner Erzeugung eine gewisse Quantität Phosphorsäure, Kali, Kalk, Bittererde wie das Korn. Die in dem Klee enthaltenen Bodenbestandteile sind gleich denen des Korns plus einem gewissen Überschuß an Kali, Kalk und Schwefelsäure. Der Klee empfängt diese Bestandteile vom Boden, das Halmgewächs empfängt sie — man kann es sich so denken — vom Klee. Wenn man demnach den Klee veräußert, so führt man aus die Bedingungen zur Kornerzeugung, es bleibt nichts für

das Korn zurück. Veräußert man das Korn, so fällt in einem folgenden Jahr eine Kleeernte aus, denn in dem Korn veräußerte man einige der unentbehrlichen Bedingungen zu einer Kleeernte.

Der Bauer drückt die Wirkung des Futtergewächses in seiner eigenen Weise aus, indem er sagt: es verstehe sich von selbst, daß man den Mist nicht verkaufen dürfe; ohne Mist sei eine dauernde Kultur nicht möglich und in den Futtergewächsen verkaufe man seinen Mist. Um dies einzusehen, dazu bedürfe man die Weisheit eines Chemikers nicht. Sicherlich nicht, denn soweit geht der gewöhnlichste Bauernverstand. Daß er aber in seinem Korn seinen Mist dennoch verkauft, dies sieht selbst die große Mehrzahl der erleuchtetsten Landwirte nicht ein. Der Mist enthält alle Bodenbestandteile des Futters, und diese bestehen aus den Bodenbestandteilen des Korns plus einer gewissen Menge Kali, Kalk, Schwefelsäure. Es ist leicht verständlich, da der ganze Misthaufen aus Teilen besteht, daß er auch keinen Teil davon veräußern darf, und wenn es möglich wäre, die Bodenbestandteile des Korns durch irgendein Mittel von den anderen zu scheiden, so würden gerade diese für den Bauer den höchsten Wert haben, denn diese bedingen die Kultur des Korns. Diese Scheidung findet aber statt in der Kultur des Korns, denn diese Bodenbestandteile des Mistes werden zu Bestandteilen des Korns, und in dem Korn verkauft er einen Teil, und zwar den wirksamsten Teil seines Mistes.

Zwei Misthaufen von gleichem Ansehen und anscheinend gleicher Beschaffenheit können für die Kornkultur einen sehr ungleichen Wert haben. Wenn in dem einen Haufen sich doppelt so viel von Aschenbestandteilen des Korns als in dem andern befinden, so hat der erstere den doppelten Wert. Durch die Ausfuhr der Bodenbestandteile des Korns, welche das Korn von dem Mist empfing, nimmt dessen Wirksamkeit für künftige Kornernten stetig ab.

Von welchem Gesichtspunkt man demnach die Ausfuhr des Korns oder irgendeiner anderen Feldfrucht betrachten mag, für den Landwirt, der die ausgeführten Bodenbestandteile nicht ersetzt, ist die Wirkung immer eine Erschöpfung des Bodens. Die dauernde Ausfuhr von Korn macht den Boden unfruchtbar für Klee, oder raubt dem Mist seine Wirksamkeit. Der Mist hat für sich nur insofern einen landwirtschaftlichen Wert, als er die für Erzeugung der verkaufbaren Produkte nötigen Bedingungen enthält. Die Größe oder der Umfang eines Haufens machen seinen Wert nicht aus.

Wenn unsere Landwirte den jungfräulichen Boden Amerikas, Australiens oder Neuseelands zu ihrer Verfügung hätten, so würde ein Lehrer, der sie glauben machen wollte, daß „der Mist die Seele der Landwirtschaft“ sei, in ihren Augen einfach lächerlich erscheinen, da sie ja die Erfahrung für sich haben, daß ihr Korn ohne allen Mist gedeiht.

In unsern erschöpften Feldern finden die Wurzeln der Halmgewächse in den obern Schichten der Acker-

krume den ganzen Gehalt an Nahrung für einen vollen Ertrag nicht mehr vor, und der Landwirt baut deshalb auf diesen andere Pflanzen an, die wie die Futter- und Wurzelgewächse mit ihren weitverzweigten, tiefgehenden Wurzeln nach allen Richtungen hin den Boden durchwühlen, deren mächtige Wurzeloberflächen den Boden aufschließen und die Bestandteile sich aneignen, welche das Halmgewächs zur Samenbildung bedarf. In den Wurzelrückständen dieser Pflanzen, in den Bestandteilen des Krauts, der Wurzeln und der Knollen, welche der Landwirt den obersten Schichten der Ackerkrume in der Form von Mist zuführt, hat er die zu einem oder mehreren vollen Erträgen mangelnden Kornbestandteile ergänzt und konzentriert; was davon unten und überall war, ist jetzt oben. Der Klee und die Futtergewächse waren nicht die Erzeuger der Bedingungen der höheren Kornerträge, so wenig wie die Lumpensammler die Erzeuger der Bedingungen für die Papierfabrikation sind, sondern einfach die Sammler derselben.
Der amerikanische Farmer raubt sein Feld aus ohne weitere Umstände. Wenn es ihm nicht reichlich genug mehr gibt, so wandert er mit seinen Pflanzen aus auf ein frisches Feld; denn er hat Feld genug und zum vollständigen Ausrauben keine Zeit. Die moderne intensive Landwirtschaft ist der Raub mit Umständen, das letzte Stadium der Raubwirtschaft.

Vor dem dreißigjährigen Krieg war die Bevölkerung Deutschlands nicht kleiner als jetzt. Jedes Indi-

vidunm verbrauchte damals naturgesetzlich zum Atmen und Arbeiten soviel Sauerstoff und Kraft, wie dies heute geschieht; die damalige Landwirtschaft produzierte nach dem Raubsystem des amerikanischen Farmers ebensoviel kohlenstoff- und stickstoffhaltige Nahrungsmittel, nur nahm man sich mehr Zeit dazu. Man hatte Jahre des Mangels, und dieser war in seinen Wirkungen empfindlicher als er heute ist, weil eine Ausgleichung durch Zufuhr des Fehlenden aus Amerika, aus Ungarn und der Fruchtkammer des südlichen Rußland nicht statthatte; aber in den gewöhnlichen Jahren hatte man Überfluß. Man baute das eine Jahr Winterkorn, das andere Jahr Sommerkorn und Stoppelrüben, das dritte Jahr ließ man das Feld ausruhen. Einen anderen Wechsel als mit Hülsenfrüchten kannte man nicht. Die Stallfütterung, was man heute so nennt, war unbekannt. Für die Pferde lieferte die Wiese Winterfutter; das Rindvieh, die Schafe suchten sich ihre Nahrung auf den Gemeindeweiden, auf den Brachäckern und im Wald. Das landwirtschaftliche System von damals war das System des Mannes, der jeden Tag einen Gulden einzunehmen hatte, und der die Gulden in einer Woche zusammenkommen ließ, um sie in der zweiten auszugeben. Am Sonntag hatte er dann sieben Gulden, und er konnte jetzt am darauffolgenden Montag vier, am Dienstag drei, am Mittwoch ebenfalls drei Gulden ausgeben und eine Menge Dinge kaufen, die er mit der täglichen Ausgabe eines Guldens nicht hätte kaufen können.

Durch dieses System der Brachwirtschaft wurde die Fruchtbarkeit des Ackers nicht gesteigert, d. h. die Bedingungen zur Erzeugung der Feldfrüchte nicht vermehrt, sondern vorteilhafter in der Zeit verwendet. Eine Bereicherung des Feldes ohne Zufuhr ist unmöglich. Es war noch ein Vorrat von wirksamen Bodenbestandteilen im Feld, aber in einem für die Pflanzen nicht zugänglichen oder aufnehmbaren Zustand. Man wartete in der Brache die Zeit ab, wo ein Teil des Vorrats aufnehmbar geworden war, und machte die Ernte in dieser Weise lohnend; durch die Brache wird der Überschuß in der Einnahme nicht erworben, sondern erspart; man raubt sein Feld vorteilhafter aus, indem man sich dazu Zeit nimmt. Die Zeit, so meinte man, kostet kein Geld, und den Dung erspart man. Dieser Vorteil war allen klar.

Diese Wirtschaft dauerte bis gegen die Mitte des vorigen Jahrhunderts. Der Bauernstand verfiel in Armut und Elend, die Produktion der Felder nahm ab.

In dem siebenzehnten und im Anfang des achtzehnten Jahrhunderts blühte noch an unzähligen Orten in Deutschland der Weinbau. Man hatte Weinberge auf Feldern, auf denen jetzt kein Rebstock mehr wächst; nur die großen Zehentkeller sind an manchen Orten noch da und legen Zeugnis ab von dem Umfang dieser Kultur. Mit den Weinbergen wurde die Raubwirtschaft am früheſten fertig; denn der Weinberg produziert keinen Dünger, und als der

Feldbau gewahr wurde, daß er selbst den äußersten Mangel daran hatte, da ging der Weinbau wie ein Licht aus, dem der Ölzufluß fehlt.

„Außer schlechtem, saurem Wiesenfutter hatte der Landwirt kein anderes Winterfutter für das Vieh, als etwas weiße Rüben, Möhren, Kraut und Erdbirnen, von allem aber nicht viel, weil auf den Feldern von selbst nichts mehr wachsen wollte. Dieses sparsame Futter wurde den Winter über, soweit es langte, noch sparsamer eingebrüht, und wenn es alle war, mußte sich das Vieh mit Gersten-, Hafer- und Erbsenstroh begnügen. Dagegen waren Milch, Butter und Käse schlecht und wenig. Ängstlich wartete man das Frühjahr ab, um ein bischen Weizenschrappe zu bekommen und das Vieh, wenn das Gras etwa einen Daumen hoch gewachsen war, auf die Weide gehen zu lassen, von der es eben so hungrig wieder zurückkam als es hinausgegangen war, und aussah wie die mageren Kühe, die Pharao im Traum gesehen hatte." So beschreibt Johann Christian Schubert, der vom Kaiser Joseph II. wegen seiner Verdienste um die Einführung des Kleebaues zum Ritter des heiligen römischen Reichs von dem Kleefeld ernannt worden war, den damaligen Zustand.

Von dieser Zeit datiert der deutsche Kleebau. Es war ein Jubel durch das ganze Reich. Die Bauern, welche Klee pflanzten, bekamen silberne Kleetaler zum Umhängen, und der seit 2000 Jahren verlassene Mistkultus gewann wieder Boden; in landwirtschaftlichen Lehrkanzeln errichtete man Altäre für den alt-

römischen Mistgott Sterculius, und seine Priester opfern ihm noch heute. Aber der Mistgott war launenvoll. Er hatte eine Vorliebe für gewisse Felder, aber nur eine Zeitlang, und er ist jetzt nach hundert Jahren ungütig und hart geworden. Mit allem Weihrauch ringt man ihm die früheren reichen Gaben nicht mehr ab, und gerade auf den Feldern, welche er am meisten begünstigte, läßt er jetzt keinen Mist mehr wachsen; darum bitten seine Priester um ein kleines Stückchen von dem Stein der Weisen zum Opfer für den Mistgott, um ihn zu vermögen, fernerhin Mist, d. h. Klee auf Feldern wachsen zu machen, auf denen er nicht mehr gedeihen will. Als nun zu dem Klee noch der Gips und Mergel und die Kartoffeln kamen, da glaubte man, die Not habe für alle Zukunft ein Ende. Nach der Raubwirtschaft, ohne und dann mit Geduld, entwickelte sich jetzt der Raub nach dem System eines am Rhein bekannten Räubers, der nur die Reichen beraubte; ihnen nahm er die Taler ab, den Armen schenkte er zuweilen einen Pfennig, und schnitt ihnen zum Spaß die Hosenknöpfe ab.

Der Reichtum der Reichen war nach seinem System den Armen abgeraubt, und Gerechtigkeit müsse einmal in der Welt sein.

In dieser Weise verfährt unser intensiver Landwirt. Er nimmt in dem Korn dem (reichen) Klee die Taler ab, die dieser von dem (armen) Feld in Pfennigen empfing, und bildet sich ein, daß dieser Raub ewig dauern werde, denn sein Lehrer lehrte

ihn, daß sein Feld die Eigenschaft habe, Pfennige zu schwitzen.

Die Folgen dieser Raubwirtschaft nach dem System des edlen Räubers sind klar, offenkundig, und liegen vor jedermanns Augen; niemals ist der Düngermangel größer gewesen; alle mit so viel Erfolg gegen Ende des vorigen Jahrhunderts eingeschlagenen Wege und Mittel, die Produktion der Felder in derselben wunderbaren Weise zu steigern wie damals, haben dieselbe Wirkung nicht mehr. Der Gips macht jetzt den Klee nur wässeriger, vermehrt aber den Kleeertrag nicht mehr. Das gemergelte Land ist unfruchtbarer als vorher. Ohne die Waldstreu würde der Getreidebau in vielen sonst unfruchtbaren Gegenden längst, wie der Weinbau, verschwunden sein. Anstatt des Bodens raubt man dort den Wald aus, so lange es eben geht! „Wenn ihr Klee bauen und meiner Anweisung genau folgen werdet," sagt der gute Schubert zu seinen Bauern, „dann werdet ihr den reichlichen Segen Gottes mit fröhlichem Herzen lobpreisen können. Eine Regel habt vor Augen, und ich ermahne euch ein für allemal, sie zu befolgen: bauet niemals Klee mit Verlust des Getreides, sondern allemal nur in der Brache, damit ihr ihn umsonst habt, und schafft also die Brache ab."

Damals kannte man keine andere Wirtschaft als die Dreifelderwirtschaft. In zwölf Jahren baute man achtmal Korn und viermal Klee. Wohin, wohin ist die schöne Zeit, wo man von demselben Felde in drei Jahren zwei Kornernten bekam und wo man den

Klee umsonst hatte! Die heutige intensive Wirtschaft produziert in zwölf Jahren nur sechs Kornernten. Auf den guten Feldern in Mecklenburg erntet man in neun Jahren nur viermal Korn.

Unsere Felder haben durch jene Ausfuhr an Fruchtbarkeit verloren; hätten sie dies nicht, wie wäre es denkbar oder nur möglich, daß wir durch die Einfuhr derselben ihre Fruchtbarkeit hätten steigern können!?

In gleicher Weise verschlangen nach einer Reihe von Jahrhunderten die Kloaken der ungeheuren Weltstadt den Wohlstand des römischen Bauers, und als dessen Felder die Mittel zur Ernährung ihrer Bewohner nicht mehr zu liefern vermochten, so versank in diesen Kloaken der Reichtum Siziliens, Sardiniens und der fruchtbaren Küstenländer von Afrika.

Nur da erhielt sich die Fruchtbarkeit der Felder ungeschwächt seit Jahrhunderten, wo eine feldbautreibende Bevölkerung auf einer verhältnismäßig kleinen Fläche zusammengedrängt wohnt, wo der Bürger und Handwerker der kleinen, auf derselben Fläche zerstreuten Städte sein eigenes Stückchen Feld mit seinen Gesellen bebaut.

Wenn auf einer Quadratmeile solchen Landes 2 bis 3000 Menschen wohnen, so ist ein Export von Korn und Fleisch nicht möglich, denn die erzeugten Feldfrüchte reichen nur hin, um diese Bevölkerung zu ernähren; ein Überschuß, welcher ausgeführt werden könnte, ist nicht oder nur selten vorhanden. Die

Fruchtbarkeit eines solchen Landes erhält sich in dem regelmäßigen Kreislauf ihrer Bedingungen. Alle Bodenbestandteile der verzehrten Produkte kehren ohne Verlust auf die Felder zurück, auf denen sie erzeugt worden sind. Nichts davon geht verloren, denn jeder weiß, was er daran verliert, jeder ist besorgt, zu erhalten und zu sammeln.

Denkt man sich dasselbe Land in den Händen von zehn großen Grundbesitzern, so tritt der Raub an die Stelle des Ersatzes. Der kleine Grundeigentümer ersetzt dem Felde nahezu vollständig, was er demselben nimmt, der große führt Korn und Fleisch den großen Mittelpunkten des Verbrauchs zu, und verliert darum die Bedingungen ihrer Wiedererzeugung. Nach einer Reihe von Jahren ist dieses Land eine Einöde wie die römische Campagna.

Dies ist der naturgesetzliche Grund der Verarmung der Länder durch die Kultur. Es gibt keinen andern. Nur die Lehrer unserer modernen Landwirtschaft kennen diesen Grund nicht, und sind mit allen ihren Kräften bemüht, den Ruin des deutschen Feldbaues zu beschleunigen und unwiederherstellbar zu machen. Die fruchtbaren Felder sind, so lehren sie ja, unerschöpflich an den Bedingungen ihrer Fruchtbarkeit, nur an der Peitsche fehlt es, um sie in Bewegung zu setzen. In dem Guano sandte ihnen ein gütiges Geschick einen Rettungsanker in ihrer Not, die sie durch ihre Lehre selbst verschuldet, und in ihrer unglückseligen Hand wird diese Hilfe zu einem Mittel, um in dem Verlauf der Zeit die Verarmung noch

vollständiger zu machen. Aber auch diese Hilfe wird versiegen, und was dann?

Soweit sind wir noch nicht, meinen alle, welche bis jetzt noch reiche Felder und gesegnete Ernten gehabt haben, und soweit sind wir noch nicht, sagte jener Räuber, der sich bessern sollte, bis ihm der Strick um den Hals gelegt war. Soweit wird es denn auch kommen müssen! Landwirtschaftliche Erfahrung mag es sein, aber Wissenschaft ist es nicht.

Ich will den Lehrern der Landwirtschaft ein Volk zeigen, welches ohne alle Wissenschaft, von der dieses Volk nichts weiß, den Stein der Weisen gefunden hat, den sie in ihrer Blindheit vergeblich suchen — ein Land, dessen Fruchtbarkeit seit dreitausend Jahren, anstatt abzunehmen, fortwährend gestiegen ist, und in welchem auf einer Quadratmeile mehr Menschen als in Holland oder England leben.

In China weiß man nichts von einer Wiesenkultur oder von Futtergewächsen, die wegen des Stallviehes gebaut werden; man weiß nichts von Stallmist, von Hofdünger. Ein jedes Feld trägt jährlich zweimal Früchte, und liegt niemals brach.

Der Weizen liefert häufig das 120ste Korn und darüber. Als mittleren Ertrag rechnet man das fünfzehnfache Korn. Alle die Mittel, welche der deutsche Lehrer der Landwirtschaft als ganz unentbehrlich für die Steigerung der Erträge der Felder ansieht und seine Schüler anzuwenden lehrt, sind dem chinesischen Landwirt nicht nur vollkommen entbehrlich, sondern er bringt auch ohne ihre Wirkung Erträge hervor,

welche die des intensiven deutschen Landwirts um das doppelte übertreffen.

Es ist ganz richtig, in China bestehen andere Verhältnisse als bei uns. Die Chinesen sind zum Teil Buddhisten und essen kein Rindfleisch. Wir essen mehr Fleisch, und müssen deswegen auch Futter für die Fleischerzeugung bauen. Allein darum handelt es sich nicht, sondern um Grundsätze, welche die Praxis leiten sollen. Unsere Lehrer der modernen Landwirtschaft lehren nicht Futter zu bauen, um Fleisch zu erzeugen, sondern sie lehren, daß man Futter bauen müsse, um Mist zu erzeugen, und in diesem Sinne zeigen sie, daß sie das Wesen des Feldbaues nicht richtig auffassen und von einem wissenschaftlichen Grundsatz nichts wissen.

In China weiß man von der Grundlage der deutschen Landwirtschaft nichts: außer der Gründüngung kennt und schätzt man keinen andern Mist als die Ausleerungen der Menschen. Was der chinesische Landwirt sonst noch zur Erhöhung seiner Erträge anwendet, ist in Quantität und Wirkung verschwindend gegen die Wirkung der Menschenexkremente.

Es ist ganz unmöglich, sich bei uns eine Vorstellung von all der Sorgfalt zu machen, welche der Chinese anwendet, um den Menschenkot zu sammeln; ihm (so berichteten Davis, Fortune, Hedde u. a.) ist er der Nahrungssaft der Erde, und verdankt dieselbe ihre Tätigkeit und Fruchtbarkeit hauptsächlich dieser energisch treibenden Kraft.

Der Chineſe, deſſen Haus noch immer, was es urſprünglich geweſen ſein mag, ein Zelt iſt, nur von Stein und Holz, weiß nichts von Latrinen, wie ſie bei uns ſind, ſondern er hat in dem anſehnlichſten und bequemſten Teile ſeiner Wohnung irdene Kufen oder auf das allerſorgfältigſte ausgemauerte Ziſternen, und der Begriff der Nützlichkeit beherrſcht ſo völlig ſeinen Geruchſinn, daß, wie Fortune erzählt: „dasjenige, was in jeder ziviliſierten Stadt Europas als ein unerträglicher Mißſtand angeſehen iſt, dort von allen Klaſſen, reich und arm, mit dem äußerſten Wohlbehagen betrachtet wird, und ich bin gewiß,“ fährt er fort, „daß nichts einen Chineſen mehr in Erſtaunen ſetzen würde, als wenn irgendeiner ſich über den Geſtank beklagte, der ſich von dieſen Behältern verbreitet.“ Sie desinfizieren dieſen Dünger nicht, aber ſie wiſſen vollkommen, daß derſelbe durch den Einfluß der Luft an treibender Kraft einbüßt, und ſuchen ihn ſorgfältig vor Verdunſtung zu ſchützen.

Nach dem Handel mit Getreide und Nahrungsmitteln iſt kein Handel ſo ausgedehnt wie der mit dieſem Dünger. In langen, plumpen Fahrzeugen, welche die Straßenkanäle durchkreuzen, werden dieſe Stoffe täglich abgeholt und in dem Lande verbreitet. Ein jeder Kuli, welcher des Morgens ſeine Produkte auf den Markt gebracht hat, bringt am Abend zwei Kübel voll von dieſem Dünger an einer Bambusſtange heim. Die Schätzung dieſes Düngers geht ſoweit, daß jedermann weiß, was ein Tag, ein Mo-

nat, ein Jahr von einem Menſchen abwirft; und der Chineſe betrachtet es als mehr denn eine Unhöflichkeit, wenn der Gaſtfreund ſein Haus verläßt und ihm einen Vorteil verträgt, auf den er durch ſeine Bewirtung einen gerechten Anſpruch zu haben glaubt. Von fünf Perſonen ſchätzt man den Wert der Ausleerungen auf zwei Teu für den Tag, was aufs Jahr 2000 Caſh beträgt, ungefähr 20 Hektoliter zu einem Preis von ſieben Gulden.

In der Nähe großer Städte werden dieſe Exkremente in Poudrette verwandelt, die in der Form von viereckigen Kuchen, den Backſteinen ähnlich, in die weiteſten Entfernungen hin verſendet werden; ſie werden in Waſſer eingeweicht und in flüſſiger Form verbraucht. Der Chineſe düngt, den Reis ausgenommen, nicht das Feld, ſondern die Pflanze.

Eine jede Subſtanz, die von Pflanzen und Tieren ſtammt, wird von dem Chineſen ſorgfältig geſammelt und in Dünger verwandelt. Die Ölkuchen, Horn und Knochen ſind hoch geſchätzt, ebenſo Ruß und beſonders Aſche. Es reicht hin zu erwähnen, um den Begriff von dem Wert tieriſcher Abfälle vollſtändig zu machen, daß die Barbiere die Abfälle der Bärte und Köpfe, welche bei Hunderten von Millionen Köpfen, die täglich raſiert werden, ſchon etwas ausmachen, ſorgfältig zuſammenhalten und Handel damit treiben. Der Chineſe iſt mit der Wirkung des Gipſes und Kalks vertraut, und es kommt häufig vor, daß ſie den Bewurf der Küchen erneuern, bloß um den alten als Dünger zu benutzen.

Während der Sommermonate werden alle Arten von vegetabilischen Abfällen mit Rasen, Stroh, Gras, Torf, Unkraut mit Erde gemischt, in Haufen gesetzt und, wenn diese trocken sind, angezündet, so daß sie in mehreren Tagen langsam verbrennen und das Ganze in eine schwarze Erde verwandelt ist. Dieser Dünger wird nur zur Samendüngung verwendet. Wenn die Säezeit da ist, macht ein Mann die Löcher, ein anderer folgt und legt den Samen ein, ein dritter fügt die schwarze Erde hinzu — die junge Saat, in dieser Weise gepflanzt, entwickelt sich mit einer solchen Kraft, daß sie dadurch befähigt ist, ihre Wurzeln durch den strengen, dichten Boden zu treiben und die Bestandteile desselben sich anzueignen.
Es ist wahr, daß das, was für ein Volk gut ist, nicht für alle Länder und alle Völker paßt. Aber eine Wahrheit, mächtig und unbesiegbar, geht aus der Kenntnis des chinesischen Ackerbaues hervor, und dies ist: daß die Felder des chinesischen Landwirts ihre Fruchtbarkeit bewahrt und erhalten haben, ungeschwächt und in dauernder Jugend seit Abraham und seit der Zeit, wo die erste Pyramide in Ägypten (in denen man chinesische Porzellangefäße von derselben Form und Schrift findet, wie sie heute noch verfertigt werden) gebaut worden ist, und zwar einzig und allein durch den Ersatz der Bedingungen der Fruchtbarkeit, die man den Feldern in ihren Produkten entzogen hat, oder, was das nämliche ist, mit Hilfe eines Düngers, von dem der größte Teil dem europäischen Feldbau verloren ist.

# Inhalt


Seite

Vorwort . . . . . 5

Allgemeine Betrachtungen über die Naturwissenschaften . . . . . 10

Geschichte der Chemie . . . . . 23

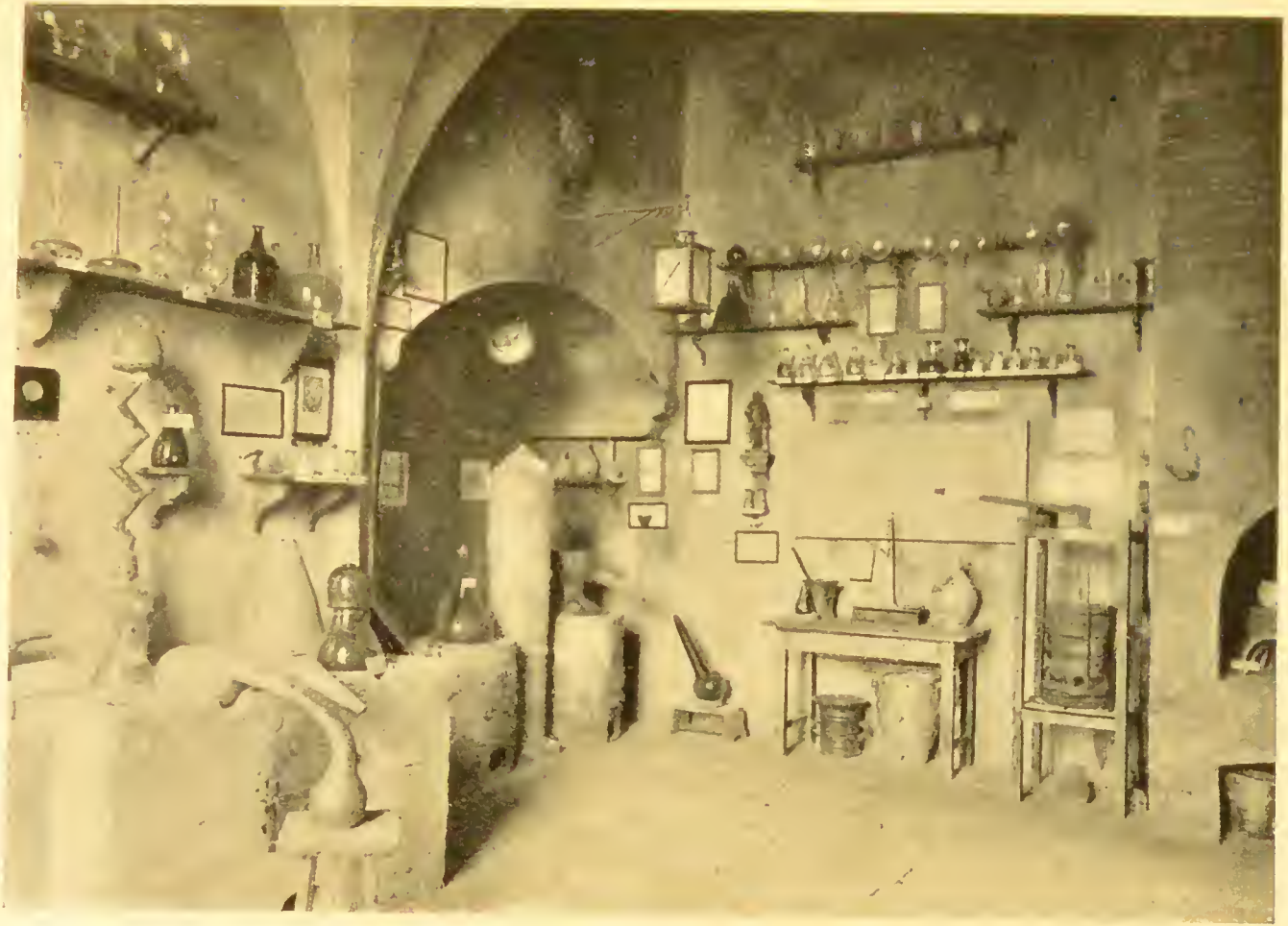
Chemische Kräfte . . . . . 44

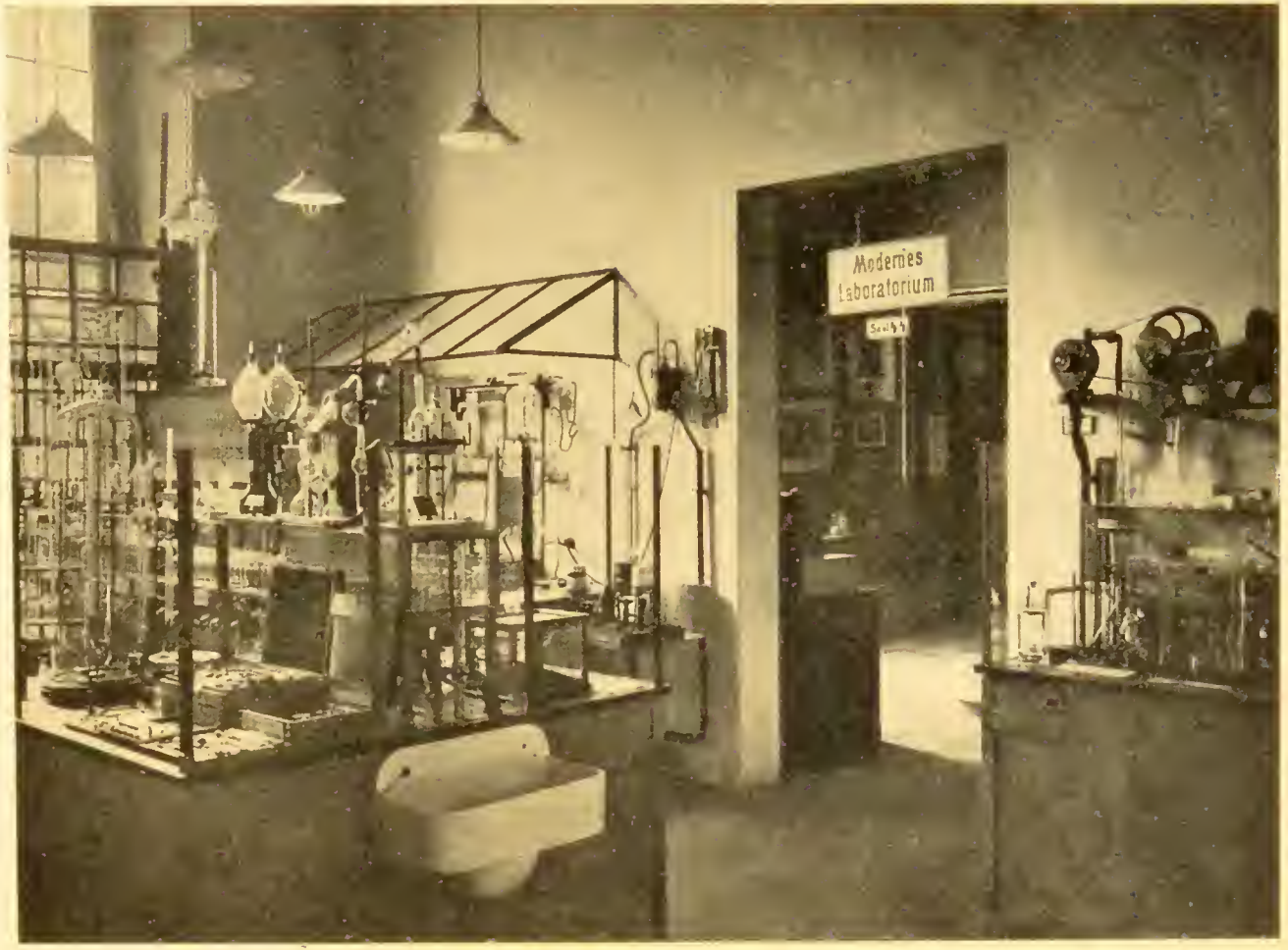
Atomistische Theorie . . . . . 58

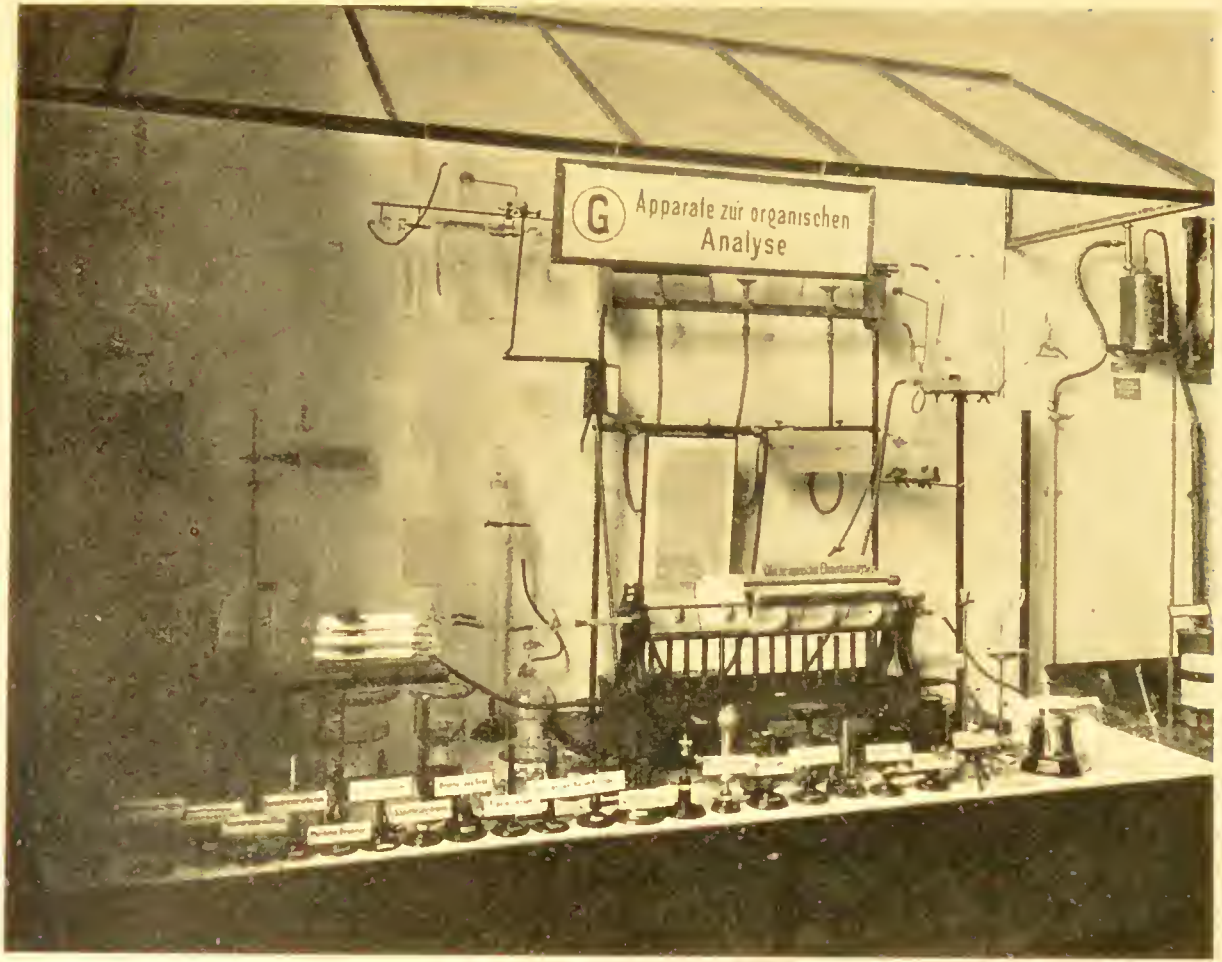
Verhältnis der physikalischen und physiologischen Kräfte zur chemischen Kraft . . . . . 70

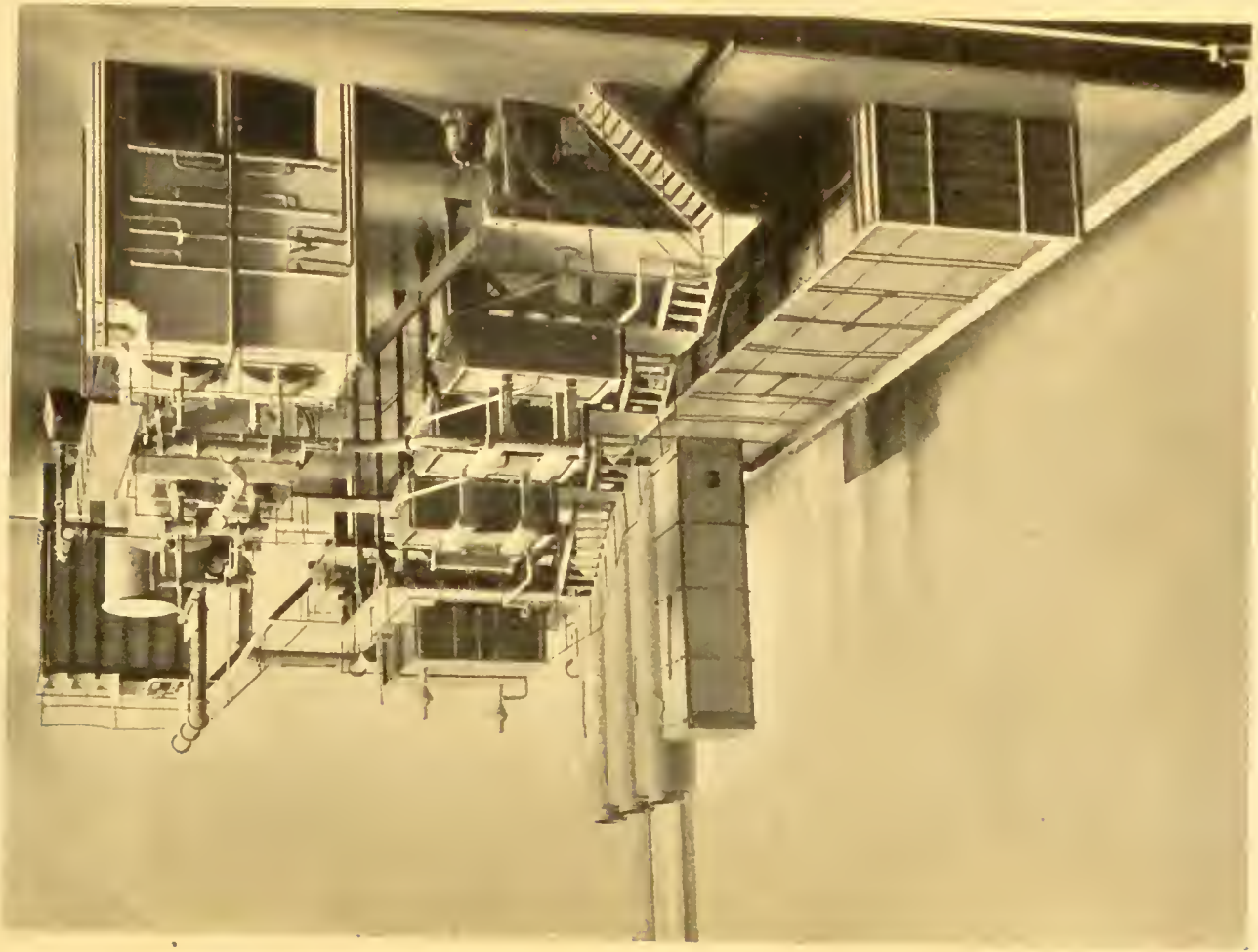
Nahrungsaufnahme, Atmung und Wärme bei Tieren und Menschen . . . . . 81

Agrikulturchemie . . . . . 111




Modernes
Laboratorium


G
Apparate zur organischen
Analyse



797
796
804
805
812
R.VIII 1900.
791
792
794
797
798
800
R. 2. 1909.

# Zu unsern Bildern

Die ersten sechs Bilder sind nach Photographien aus dem Deutschen Museum in München hergestellt. Für das liebenswürdige Entgegenkommen der Verwaltung desselben sei auch an dieser Stelle unser Dank ausgesprochen.

Das 1. Bild zeigt uns ein alchemistisches Laboratorium, wie es im 16. und 17. Jahrhundert wohl mag ausgesehen haben. Wir sehen darin unförmliche Öfen, altmodische Mörser, Flaschen, Retorten und Kühler.

Bild 2 zeigt uns ein chemisches Laboratorium aus dem 18. Jahrhundert, dem sogenannten phlogistischen Zeitalter, in welchem die chemische Wissenschaft sich von dem fast ausschließlichen Suchen nach Gold und Arzneimitteln loslöste. Die genaue Untersuchung der Gase und die Anfänge der analytischen und organischen Chemie fallen in dieses Zeitalter. Die während desselben herrschende phlogistische Theorie, nach welcher die brennbaren Körper einen bei der Verbrennung oder Oxydation entweichenden Stoff, das Phlogiston enthalten sollten, wurde zu Ende des 18. Jahrhunderts von Lavoisier gestürzt, der durch Aufstellung des Gesetzes von der Erhaltung des Gewichtes bei chemischen Vorgängen und durch Unterscheidung der Stoffe in Elemente und Verbindungen die modernen Grundlagen der Chemie schuf.

In der Mitte ist eine Nachbildung von Lavoisiers Vorrichtung zum Nachweis der Zerlegbarkeit des Wassers in die zwei Elemente Wasserstoff und Sauerstoff aufgestellt, die er im Jahre 1783 auf Grund von Cavendish' Versuchen über das Entstehen von Wasser beim Verbrennen von Wasserstoff der sogenannten synthetischen Herstellung des Wassers, konstruierte.

Die Büste an der Wand ist Lavoisiers Büste. Auf dem Tische darunter stehen besonders wichtige und historisch interessante Lavoisiersche Apparate und Versuchsanordnungen, wie z. B. zur Ermittelung der quantitativen Zusammensetzung der Luft durch Bindung des Sauerstoffs an Quecksilber und an Phosphor, zur Synthese des Wassers, zum Wägen von Gasen.

Bild 3 zeigt eine Nachbildung des Laboratoriums, welches Justus Liebig im Jahre 1839 in Gießen errichten ließ und welches für die Einrichtung chemischer Laboratorien in Deutschland maßgebend wurde. Vorn ist ein Originalkühler aus Liebigs Nachlaß. Die Digestorienherde an der linken Wand sind denen des Gießener Laboratoriums genau nachgebildet. Es sind das durch Glaswände vom Laboratorium abgeteilte Räume, die für Arbeiten bestimmt sind, bei denen sich übelriechende und schädliche Gase entwickeln. Die Fortleitung der letzteren durch Abzüge ermöglichen dem Chemiker ein unbehindertes Arbeiten.

Das 4. Bild führt uns in ein modernes chemisches Laboratorium. Ein Blick auf dasselbe zeigt deutlich, wie die höheren Ansprüche an die wissenschaftlichen Arbeiten auch die hierbei verwendeten Hilfsmittel verbessert haben. Rechts von der Tür ist ein Motor für Schüttel- und Rührwerke. Darunter ist ein Originalapparat von Beckmann aufgestellt, mit dem die Molekulargewichte nach der Methode der Siedepunktserhöhung bestimmt werden. Links von der Tür ist ein Gebläsetisch, links davon ein Digestorium, davor ein Arbeitstisch mit Wasserleitung und Trockenschrank.

Das 5. Bild zeigt das offene Digestorium des 4. Bildes noch einmal und darunter einen Verbrennungsofen mit Gasheizung. Der eiserne Ofen enthält unter Klappen aus feuerfestem Ton, von denen im Bilde drei zurückgeklappt sind, eine Glasröhre, in welcher eine gewogene Menge organischer Substanz mit Kupferoxyd gemischt verbrannt wird. Die entstandene Kohlensäure und das gebildete Wasser werden in besonderen

Apparaten aufgefangen und gewogen. Aus dem Gewichte derselben kann die prozentrische Zusammensetzung der Substanz berechnet werden. Links vom Ofen stehen ein Gasometer mit Sauerstoff und ein anderer mit Luft gefüllt. Beide sind mit Trockenapparaten versehen. Auf dem Tische vorn sind Bunsenbrenner in verschiedenen Formen.

Unser 6. Bild führt uns das Modell einer Anlage zur Herstellung von Schwefelsäure nach dem Kontaktverfahren vor. Der große Kasten links ist der Röstofen, in dem Schwefelkies geröstet wird. Die heißen Röstgase, welche ein Gemisch aus Schwefeldioxyd ($SO_2$) und Luftsauerstoff bilden, durchziehen zunächst die drei zylindrischen Kühlapparate und dann Waschapparate, die aber im Hintergrunde liegen und infolgedessen auf dem Bilde nicht sichtbar sind. Auf diesem Wege werden die Gase gründlichst gereinigt und namentlich von jeder Spur von Arsen befreit. Nun tritt das Gasgemisch in die rechts hinten befindlichen Trockenapparate, sodann in Vorheizöfen, in denen ihm die richtige Temperatur erteilt wird, und endlich in die Kontaktöfen, die sich auf dem Bilde im Vordergrunde rechts befinden. Hier kommen sie mit platiniertem Asbest in Berührung, wodurch der Vorgang der Vereinigung von Schwefeldioxyd mit Sauerstoff derart beschleunigt wird, daß eine rasche Bildung von Schwefeltrioxyd ($SO_3$) ermöglicht wird. Das entstandene Schwefeltrioxyd wird in der in der Mitte des Bildes befindlichen Absorptionsvorrichtung bis zur Konzentration der herzustellenden Schwefelsäure in Wasser gelöst.

Die folgenden drei Bilder, für deren freundliche Überlassung ebenfalls gedankt sei, geben Versuche der Moorversuchsstation in Bremen wieder. Mehrere Versuchspflanzen werden in gleichem Boden mit verschiedenen Düngemitteln behandelt, und so wird auf Grund der genauesten Versuche die beste Art der Düngung festgestellt.

Die Kartoffeln der ersten Versuchsreihe erhielten als Grunddüngung 27 g gebrannten Kalk. Die ersten beiden Gefäße mit

den Nummern 797 und 796 erhielten 2,452 g 40proz. Kalisalz und 10 g Thomasmehl, aber keinen Stickstoff. Die Gefäße 804 und 805 erhielten eine Stickstoff- und Phosphordüngung, und zwar 3,76 g phosphorsaures Ammoniak. Kalisalz wurde diesen nicht gegeben. 812 hat nur 2,452 g 40proz. Kalisalz erhalten.

In der 2. Versuchsreihe wurde als Grunddüngung 2 g Stickstoff, 1,5 g 40proz. Kalisalz und 2 g Phosphorsäure gegeben. Die unterschiedliche Düngung bestand in Kalk. Die drei Gefäße links sind mit dem kammförmigen Hundschwanz bestanden. 791 hat 10 g, 792 20 g und 794 30 g kohlensauren Kalk erhalten. Die andern drei Gefäße sind mit Knäuelgras bestanden. Auch hier hat das 1. Gefäß (797) 10 g, das 2. (798) 20 g und das 3. (800) 30 g Kalk erhalten. Der Versuch zeigt deutlich, daß auch ein Überfluß an mineralischem Dünger schädlich sein kann.

Die Erbsen der dritten Versuchsreihe haben als Grunddüngung 5 g phosphorsaures Kali, 2 g 40proz. Kalisalz und Chilisalpeter in Lösung erhalten.

706 bekam keinen Kalk. 719 bekam 5,73 g Mergel; 728 5,15 g Dolomitmergel, was je einer Gabe von 0,2% Kalk auf den trockenen Boden entspricht. 733 erhielt 45,71 g Mergel, 744 41,04 g Dolomitmergel. Wir sehen, wie dankbar die Pflanzen für diese etwa achtmal so große Gabe an Kalk gewesen sind.

WELLCOME LIBRARY INSTITUTE

# Wissenschaftliche Volksbücher

Herausgegeben von Fritz Gansberg

Verlegt von Alfred Janssen in Hamburg

Jeder Band gebunden 1 Mark 50 Pfennig

Die „Wissenschaftlichen Volksbücher" wollen die reichen Schätze unserer wissenschaftlichen Literatur in einzelnen für sich abgeschlossenen Bänden zugänglich machen. Sie bieten die schönsten Abschnitte der großen Werke in abgerundeter, zu einem Ganzen vereinigter Form und im originalen Wortlaut — ausgewählte Kapitel aus kulturgeschichtlichen, technischen, biographischen und geschichtlichen Werken, aus alten und neuen Reisewerken, Chroniken, Tiergeschichten und Naturschilderungen, aus Werken über Handel, Wirtschaft und Verkehr. Die „Wissenschaftlichen Volksbücher" wollen dadurch in das Wissen der Gegenwart einführen, Verständnis erwecken für die Aufgaben der Forschung und durch stetigen Hinweis auf die Quellenwerke zu deren späterem Studium Anleitung geben.

Bisher sind erschienen

1. Sven Hedin, Durch Asiens Wüsten Mit 8 Bildern
2. Die Anfänge der Luftschiffahrt Aus Berichten der Zeitgenossen Mit 8 Bildern
3. W. Zimmermann, Der große Bauernkrieg Eine Auswahl aus seinen Erzählungen Mit 16 Bildern
4. Heinrich von Maltzan, Meine Wallfahrt nach Mekka Mit 8 Bildern
5. J. G. Kohl, Alte Bilder aus einer alten Stadt Episoden aus der Bremischen Kulturgeschichte Mit 8 Bildern
6. Charles Darwin, Eine Reise um die Welt Mit 6 Bildern
7. Heinrich von Sybel, Der Ursprung des franz. Krieges
8. Alexander von Humboldt, Auf dem Orinoko Eine Reise in die Äquinoktialgegenden des neuen Kontinents Mit 9 Bildern und 1 Karte

9. Maurice Maeterlinck, Das Leben der Bienen Auswahl Mit 4 Tafeln

10. Die Abenteuer des Simplizissimus Roman aus der Zeit des 30jährigen Krieges Mit 18 Bildern von Jacques Callot „Die großen Kriegsübel" u. 4 Kriegsbildern von Stefano della Bella

11. Gaston Maspero, Das alte Ägypten Geschichtliche Erzählungen Mit 37 Bildern aus des Verfassers Geschichte der morgenländischen Völker

12. Fridtjof Nansen, In Nacht und Eis Die Norwegische Polarexpedition 1893—96 Mit 8 Bildern

13. Karl Chun, Aus den Tiefen des Weltmeeres Schilderungen von der deutschen Tiefsee-Expedition Mit 20 Bildern

14. Erich Marcks, Kaiser Wilhelm I. Auswahl Mit 7 Bildern

15. Donald Mackenzie Wallace, Rußland Auswahl Mit 8 Bildern

16. M. von Brandt, Japan Erinnerungen eines deutschen Diplomaten Mit 14 Bildern

17. Friedrich Müller, Krupp in Essen Mit 20 Bildern

18. Seeunfälle aus neuerer Zeit Entscheidungen des Oberseeamts und der Seeämter Mit 8 Bildern

19. Johann Gottfried Seume, Mein Leben / Spaziergang nach Syrakus / Kulturschilderungen aus dem 18. Jahrhundert Mit 26 Bildern

20. Auswahl aus F. v. Richthofens Tagebüchern aus China

21. Sven Hedin, 3 Jahre im innersten Asien Mit 8 Bildern

22. R. van der Borght, Das Verkehrswesen Mit 13 Bildern

23. Tagebuch des Deutsch-Französischen Krieges 1870/71 Von der Kriegserklärung bis Sedan. Eine Sammlung der wichtigeren Quellen von Georg Hirth und Julius von Gosen Mit 6 Bildern

24. Justus von Liebig, Chemische Briefe Mit 8 Bildern

25. Giorgio Vasari, Leben und Werke der berühmtesten italienisch. Architekt., Bildhauer u. Maler Mit 16 Bildern

**Männer, Völker und Zeiten.** Eine Weltgeschichte in einem Band. Von Dr. Albrecht Wirth. Gebunden 5 Mark.

„Die Weltgeschichte als Spiegel und Erklärung der Gegenwart", so dürfte mit Recht der Titel des Buches lauten und darin liegt auch sein Wert und seine Bedeutung, darin liegt auch der außerordentliche Genuß, den uns die Lektüre dieses Buches bereitet. Wir gestehen offen, daß wir für diesen einen Band manche vielbändige Weltgeschichte in Kauf geben. (Karl Bienenstein.)

Es handelt sich dem Verfasser nicht um Anhäufung vieler Einzelheiten, sondern um die Darstellung der großen Linien, der Entwicklungstendenzen im Völkerleben. Wirth sieht die Weltgeschichte gleichsam von höherer Warte, sieht die Völker als Individuum und die Männer als Ausdruck vorhandener Kräfte. Viel klarer wird das Weltgeschehen der Gegenwart, wenn man mit den Augen Wirths die Vergangenheit betrachten gelernt hat. (Karl Hans Strobl.)

Es ist ein Lese- und Bildungsbuch von eminenter Bedeutung, indem es in der kernhaften, sehr realistischen Darstellung aller wesentlichen, geschichtlichen Ereignisse, Persönlichkeiten usw. doch gerade eine Entwicklungsgeschichte des Geistes der Weltgeschichte darbietet. (Dr. Hans Benzmann.)

**Weltgeschichte der Gegenwart.** Von Dr. Albrecht Wirth. Dritte, umgearbeitete und bis Sommer 1913 fortgeführte Auflage. Broschiert 8 Mark, gebunden 10 Mark.

Wirth verwirklichte einen glücklichen Gedanken, als er sich entschloß, den vielgeplagten Leser, der bald hierhin, bald dorthin horchen muß, in die Geheimnisse und Verflechtungen des weltgeschichtlichen Geschehens einzuweihen. Seine anregende Darstellung hilft ihm, selbst gewaltige Stoffmassen zu bemeistern, seine Weltkunde und Belesenheit gestatten ihm, den Vortrag hier und da durch ein entsprechendes Bild freundlich zu beleben. (Kölnische Zeitung.)

Das ist der große Vorzug dieser Weltgeschichte: sie ist geschrieben von einem Manne, der mit eigenen Augen unendlich viel gesehen hat und der nicht gezwungen war, nur aus Büchern und Urkunden zu schöpfen. Diese Unmittelbarkeit schärft die Urteilskraft. (Ostdeutsche Rundschau.)

Zu einem außerordentlichen Wissen gesellt sich die Gabe konzisester und anschaulichster Darstellung. Zu allen politischen, wirtschaftlichen und kulturellen Fragen unserer Zeit nimmt der Autor Stellung. (Hamburger Fremdenblatt.)

---

Verlegt von Alfred Janssen in Hamburg

# Für Schul- und Hausgebrauch

**Gustav Falke,** „Unruhig steht die Sehnsucht auf." Eine Auswahl aus seinen Werken, im Auftrage der Hamburger Lehrervereinigung zur Pflege der künstlerischen Bildung herausgegeben von G. Höller. Gebunden 1 Mark 80 Pfennig

Wer Falke im Bücherschrank stehen hat, mag das Buch auf den Schreibtisch legen, um jederzeit leicht einmal einen Zug aus dem Quell dieser reinen Lyrik tun zu können. Wer ihn noch nicht kennen sollte, der lasse es sich nicht entgehen. Es wird ihm einen rechten Falke-Hunger erwecken. (Bayrische Lehrerzeitung.)

**„Nemt frouwe disen kranz."** Fünfzehn Gedichte Walthers von der Vogelweide. Eine Einführung von Dr. M. Spanier. Gebunden 1 Mark 25 Pfennig

Spaniers Auswahl führt unmittelbar zu Walthers Dichtkunst, deren Eigenart in ihrer unberührten Schönheit gewahrt bleibt, ja, durch die wenigen, aber geschickt gewählten Begleitworte noch mehr hervortritt. Das Büchlein möchte man in der Hand eines jeden Gymnasiasten wissen, aber auch in der eines jeden angehenden Lehrers, am liebsten freilich in der eines jeden gebildeten Deutschen. (Kölner Tageblatt.)

**Herm. L. Köster,** Leitfaden zur Geschichte der deutschen Jugendliteratur. Gebunden 1 Mark

Allen, die sich einen schnellen Überblick über das weite Gebiet der Jugendliteratur verschaffen wollen, z. B. Seminaristen, Examenkandidaten usw. ist das Büchlein bei einer klaren, frischen Darstellung aufs Wärmste zu empfehlen.
(Schulblatt für Braunschweig.)

---

Verlegt von Alfred Janssen in Hamburg